ZENIT 44

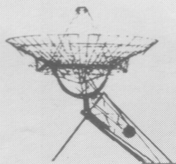
10e jaargang/november 1983
prijs ƒ 5,95/voor België 105 F

populair wetenschappelijk tijdschrift over sterrenkunde | weerkunde | ruimtevaart | ruimte-onderzoek

VIA JUPITER NAAR DE ZON

KOSMOLOGIE OP EEN COMPUTER

ZENIT



Populair-wetenschappelijk maandblad over sterrenkunde, weerkunde, ruimtevaart, ruimte-onderzoek en aanverwante wetenschappen en technieken.
Verschijnt onder auspiciën van de Stichting de Koepel.
Aan het maandblad werken mee: de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde (NVWS), de Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin en de Vereniging voor Sterrenkunde, Meteorologie, Geophysica en Aanverwante Wetenschappen in België (VVS).

Bureau:
Stichting de Koepel, Nachtegaalstraat 82 bis, Utrecht, tel. 030-311360, postgiro 3064700 t.n.v. Stichting de Koepel, Utrecht. In België: giro 000-1168383-18.

Redactie:
Govert Schilling, hoofdredacteur; G. W. E. Beekman; A. Nagel; J. A. de Rijk; dr. W. de Rop; drs. B. Zwart. Adviseurs: drs. J. A. de Boer, ir. D. de Hoop en dr. G. P. Können.

Druk:
Samsom-Sijthoff grafische bedrijven bv, postbus 111, 2400 AC Alphen a.d. Rijn

Abonnementen:
Nederland en België: ingaande 1 januari. per jaar: *f* 57,50 (inclusief donateurschap van de Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin) of per jaar: *f* 62,50 (inclusief lidmaatschap NVWS)
Voor België: per jaar 1035 BFr.
Abonnementen buitenland op aanvraag.
Abonnementen afgesloten in de loop van een jaar zijn geldig tot het einde van dat kalenderjaar. Opzegging van abonnementen uitsluitend schriftelijk vóór 15 november aan het bureau van De Koepel te Utrecht. Bij niet tijdige opzegging wordt het abonnement automatisch voortgezet. Doordat de edities van juli en augustus worden gekombineerd verschijnen er jaarlijks elf nummers.

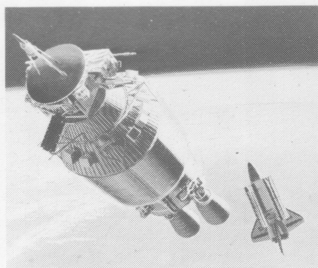
Losse nummers:
f 5,95 of 105 Bfr.

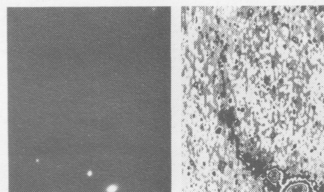
Kopij:
In getypte vorm, met dubbele regelafstand; 60 aanslagen per regel; elk vel papier aan slechts één zijde gebruikt. Kopij Nederlandse auteurs zenden aan: Redactie Zenit, Nachtegaalstraat 82 bis, 3581 AN Utrecht.
Kopij Belgische auteurs zenden aan: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel.

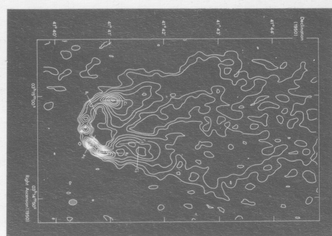
Advertenties:
Intermedia bv, postbus 371, 2400 AJ Alphen aan den Rijn, telefoon 01720-6 20 78

ISSN 0165-0211

INHOUD

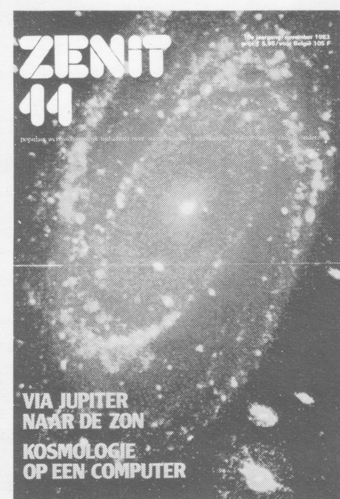






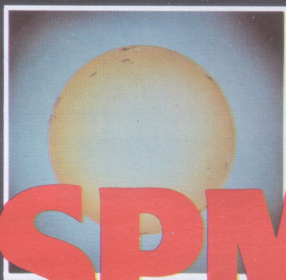
Laatste nieuws
Door problemen met de vastestuwstofraketten is de lanceerdatum van de STS-9 met aan boord het Europese spacelab uitgesteld tot op z'n vroegst eind november 1983

Een verheugend bericht is dat op 19 oktober 1983 om 1^h54^m Nederlandse tijd de zevende Ariane met aan boord Intelsat-V F7 met succes is gelanceerd.



Bij de voorplaat

Het kolossale spiraalstelsel M 81 in het sterrenbeeld Grote Beer is hier weergegeven in versterkte kleuren. Met de 1,2 meter Schmidt-telescoop van Mount Palomar werden een aantal zwart-wit opnamen van het stelsel gemaakt, die vervolgens met behulp van speciale beeldbewerkingstechnieken van het Jet Propulsion Laboratory werden samengevoegd tot dit kleurenbeeld. De weergegeven kleuren komen overeen met de werkelijke kleuren; ze zijn alleen sterk overdreven. In de spiraalarmen van het sterrenstelsel is de blauwe emissie te zien van zuurstofgas. Meer naar het centrum toe vertoont het stelsel een oranje-rode kleur; dit is het gevolg van het grotere aantal oudere sterren nabij de kern. Hedendaagse beeldbewerkingstechnieken stellen de sterrenkundigen in staat om meer informatie uit hun waarnemingen te halen. Een artikel over nieuwe visuele waanemingstechnieken begint op pag. 454 van dit nummer.



ISPM over de polen van de zon

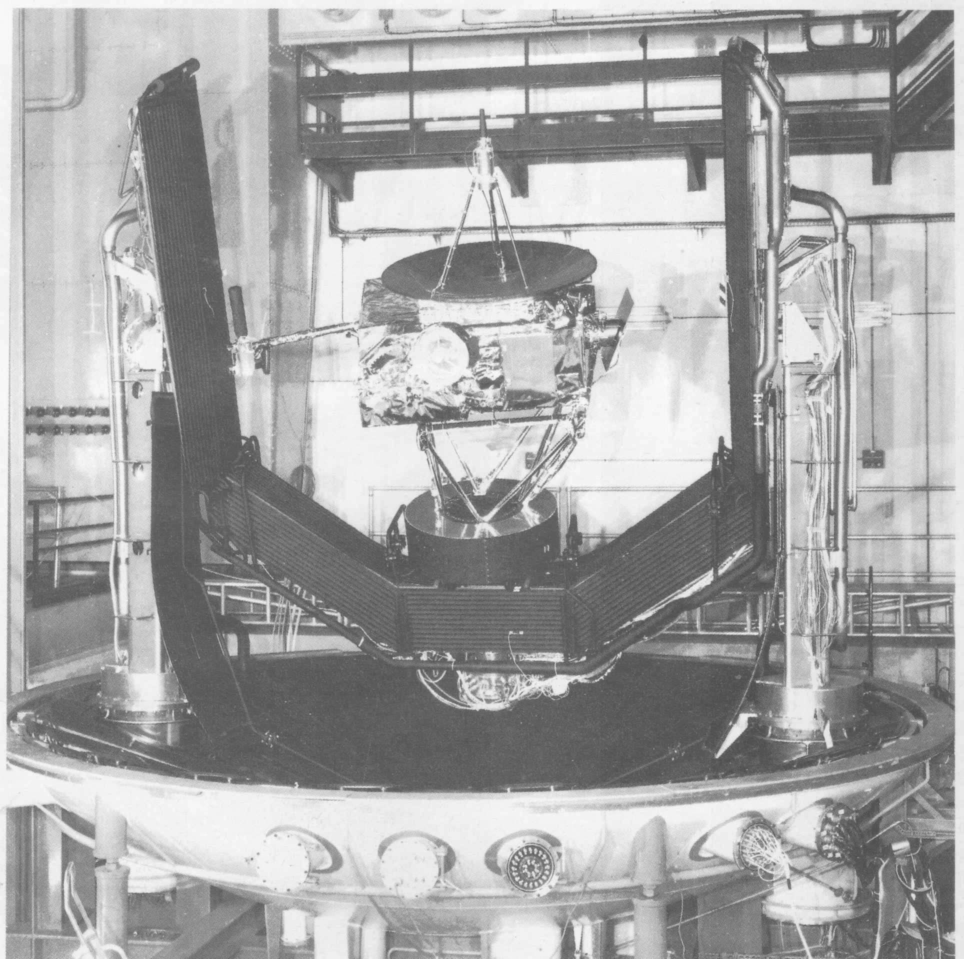
Het onderzoek van de interplanetaire ruimte bleef tot nu toe altijd beperkt tot het eclipticavlak, waarin alle planeetbanen liggen. Over enkele jaren zal ook de ruimte onder en boven dit vlak ter plaatse verkend gaan worden. De Europese ruimtevaartorganisatie ESA zal een onbemande ruimtesonde lanceren, die via een enorme omweg over de polen van de zon zal vliegen. Met deze International Solar Polar Mission hoopt men een schat aan informatie te verkrijgen over de poolgebieden van de zon, de zonnewind en de interplanetaire ruimte buiten het eclipticavlak.

Bij zijn vertrek vanaf de aarde krijgt een ruimteschip vanzelf de snelheid mee van de aarde in zijn baan om de zon. Die snelheid (ca. 30 km/s) ligt in het vlak van alle planeetbanen. Dit eclipticavlak valt ook ongeveer samen met het evenaarvlak van de zon. Het kost zeer veel energie om een ruimteschip een grote afwijking buiten dit vlak te geven. Er moet dan ook een truc toegepast worden om de *International Solar Polar Mission* (ISPM) over de polen van de zon te laten vliegen. De ruimtesonde zal zelfs helemaal niet rechtstreeks in de richting van de zon vertrekken. Hij zal een beginbaan krijgen die naar de planeet Jupiter voert. Een kleine afwijking uit het eclipticavlak zal ervoor zorgen dat het ruimteschip langs Jupiters zuidpool komt aanvliegen. De baan van ISPM om de zon wordt vervolgens ingrijpend veranderd door de zwaartekracht van Jupiter. De ruimtesonde wordt achterom Jupiter heengebogen en komt over de noordpool van de planeet weer terug. Hij beweegt nu in een hoge boog boven het eclipticavlak terug in de richting van de zon. Het baanvlak staat daarbij zelfs loodrecht op het eclipticavlak. Over de noordpool van de zon buigt ISPM uiteindelijk naar de zuidpool, waarna zijn taak volbracht is.

Het spreekt vanzelf dat dit alles alleen goed kan gaan bij heel bepaalde onderlinge standen van zon, aarde en Jupiter. Het

W. van Tend

vertrek van ISPM kan daarom alleen maar plaatsvinden tussen 20 mei en 2 juni 1986. Een bijkomend probleem is dat ook de Amerikaanse Jupiterverkenner Galileo in die tijd moet vertrekken. Veertien maanden na de lancering, dus in juli 1987, scheert ISPM dan langs Jupiter. In de 47e maand, april 1990, komt hij over de noordpool van de zon. In september 1990 wordt de zonsevenaar gepasseerd, en in november 1990 vliegt ISPM over de zuidpool van de zon. Tijdens dit gedeelte



◀ *Fig. 1. De baan van de International Solar Polar Mission door het zonnestelsel. In mei 1986 wordt de ruimtesonde gelanceerd; in juli 1987 passeert hij Jupiter. Inzet: de zon in 'bovenaanzicht': de actieve gebieden met o.a. zonnevlekken bevinden zich nabij de zonne-evenaar.*

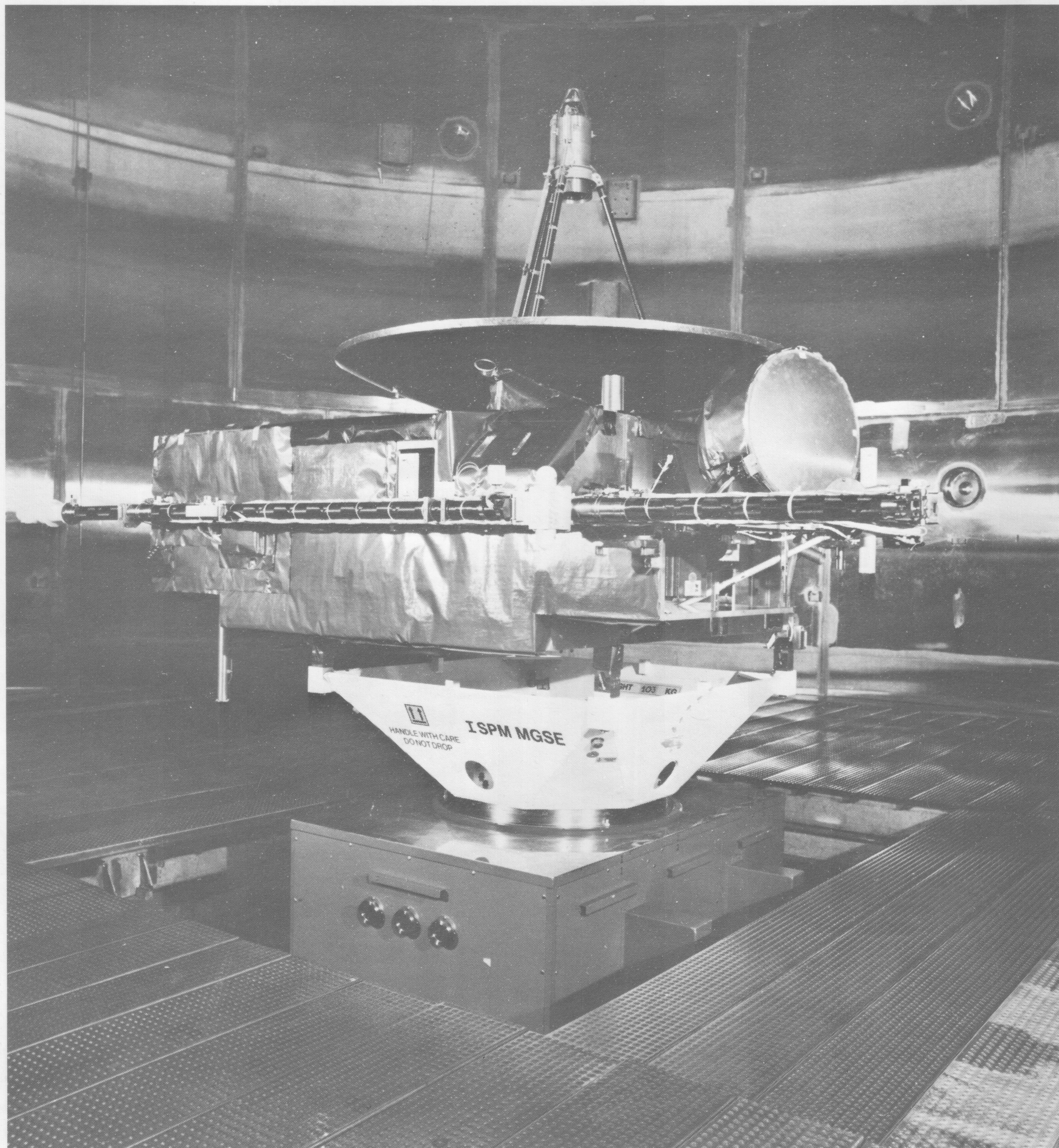
Fig. 2. Het ruimtevaartuig ondergaat hier een test in de zonne-simulatieruimte van ESA te Toulouse (Frankrijk).

van de vlucht staat de aarde ongeveer aan dezelfde kant van de zon als waar de baan van ISPM loopt; een radioverbinding naar een ruimteschip recht achter de zon is immers niet mogelijk. In januari 1991, 56 maanden na het vertrek vanaf de aarde, wil ESA de radioverbinding met de ruimtesonde verbreken, omdat dan toch geen nieuwe feiten meer aan het licht zullen komen. De totale missie duurt dus iets minder dan vijf jaar.

Een gehalveerde missie

Oorspronkelijk zouden er twee ISPM-ruimteschepen komen, één van NASA en één van ESA. NASA had uiteindelijk te weinig geld om een afzonderlijk Amerikaans ruimteschip te leveren. Wel verzorgen de Verenigde Staten de lancering van de ISPM. Met de Space Shuttle wordt de sonde in een baan om de aarde gebracht. Een Centaur-F rakettrap brengt het ruimteschip vervolgens in de baan die naar Jupiter voert. Toen er nog twee ISPM-sondes op het programma stonden, was het de bedoeling de ene van noordpool naar zuidpool om de zon te laten vliegen en de andere in omgekeerde richting. Nu moet er gekozen worden: de noordpool eerst of de zuidpool eerst. De zuidpool eerst komt wat beter uit wat betreft de aandrijvingsmogelijkheden. Bij het 'koffiedik-kijken' om de gebeurtenissen op de zon te voorzien bleek de noordpool eerst de voorkeur te verdienen. De uiteindelijke beslissing zal vrij kort voor het begin van de reis genomen worden, uitgaande van het gedrag van de zon op dat moment.

Met het NASA-ruimteschip verdween ook het instrument dat het zonsoppervlak zelf zou bekijken. Vanaf de aarde kijken we altijd onder een heel kleine hoek naar de poolgebieden van de



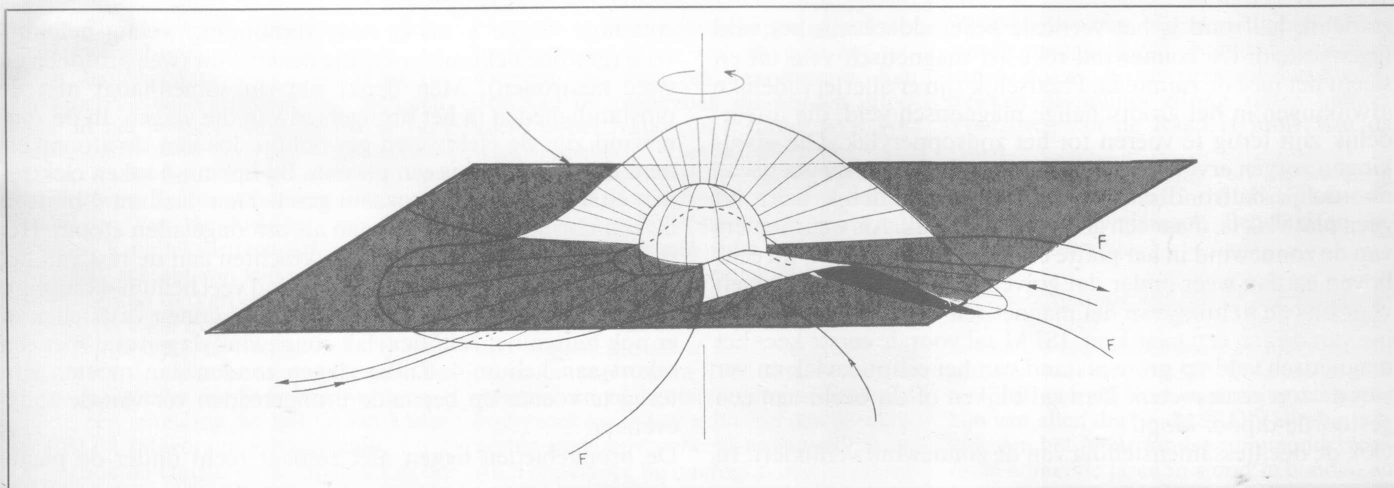
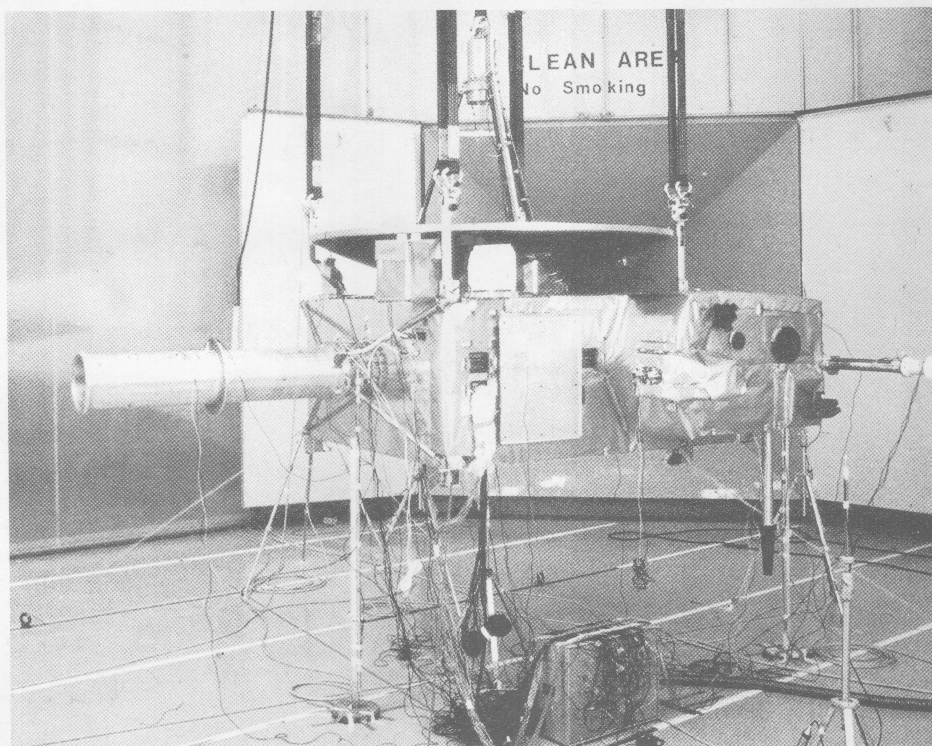


Fig. 4. Een golvend oppervlak vormt de scheiding tussen de ruimte waarin het magnetisch veld naar de zon toe wijst en de ruimte waarin het veld van de zon af wijst. Dit golvend oppervlak snijdt het eclipticavlak (grijs) op een aantal plaatsen, aangegeven door de letters F.

zon. Een kijkje recht van boven zou veel duidelijkheid hebben kunnen geven in de structuur van de poolgebieden. Overigens komt ISPM niet erg dicht bij de zon: bij het passeren van de polen is de afstand ongeveer twee maal de afstand zon-aarde, dus ca. 300 miljoen kilometer. Voor de meeste instrumenten is dat echter geen bezwaar. Die meten de toestand van de interplanetaire ruimte ter plaatse, en buiten het eclipticavlak is die ruimte nog nooit verkend. Natuurlijk zal men ook de gelegenheid te baat nemen om in de buurt van Jupiter metingen te doen ter uitbreiding van de Pioneer- en Voyagergegevens.

Zonnewind

In de ruimte rondom de zon waait de zonnewind. Deze stroming van gas uit de zon is al sinds de begintijd van de ruimtevaart bestudeerd. De bron van de zonnewind is het hete ijle gas dat de zon omhult. Deze zogenaamde zonnecorona krijgt op sommige plaatsen zo veel energie toegevoerd dat het gas uitzet en zich van de zon wegdrukt. De binnencorona dicht bij het zonsoppervlak, is rijk geschakeerd, zoals te zien is in foto's die in röntgenlicht gemaakt zijn vanuit het Amerikaanse ruimtelaboratorium Skylab. Er zijn heldere gebieden die beheerst worden door lage boogjes van magnetische veldlijnen. De zonnewind schrijft men juist toe aan de minder opvallende donkere gebieden. In deze zogenaamde coronale gaten lopen de magnetische veldlijnen ver de ruimte in. Door de draaiing van de zon en door veranderingen in het veldlijnenpatroon zien we het uiterlijk van de binnencorona voortdurend veranderen. Daarmee verandert ook steeds de oorsprong van díe stroomlijn van de zonnewind die langs de aarde komt. In de omgeving van de aarde meten we dan ook allerlei veranderingen in de zonnewind: nu eens beweegt het gas snel, dan weer langzaam. Nu eens is het dicht, dan weer ijl. Nu eens is het heet, dan weer relatief koel. Eén ding verandert (op langere termijn) echter nooit, namelijk de hoeveelheid gas die de zon verlaat. Gemiddeld over een paar maanden blijkt er steeds evenveel voorbij te komen. Bij alle veranderingen die op de zon plaatsvinden, is dat eigenlijk een merkwaardige zaak. Een van de eigenschappen die van tijd tot tijd wel veranderen, is de richting van het magnetisch veld in de zonnewind. De ene keer wijst het van de zon af, de andere keer naar de zon toe. Men denkt dat het magnetisch veld van de zon in grote lijnen een dipoolveld is, zoals het magnetisch veld van een staafmagneet. De polen van dit veld vallen, net als bij de aarde, ongeveer samen met de geografische polen. Op het noordelijk en het



◄ *Fig. 3. Het structuurmodel van de ISPM tijdens balanceringsproeven die uitgevoerd werden bij ESTEC in Noordwijk.*

Fig. 5. De ISPM wordt onderworpen aan akoestische trillingsproeven in een testopstelling te München (West-Duitsland). Op deze manier wordt onderzocht hoe de ruimtesonde zich tijdens de lancering zal gedragen.

zuidelijk halfrond is het verticale bestanddeel van het veld tegengesteld. De zonnewind rekt het magnetisch veld uit en sleept het mee de ruimte in. Plaatselijk zijn er allerlei tijdelijke afwijkingen in het grootschalige magnetisch veld, die uiteindelijk zijn terug te voeren tot het zonsoppervlak. Die afwijkingen zorgen ervoor dat de scheiding tussen het magnetische noordelijk halfrond en het magnetische zuidelijk halfrond geen plat vlak is, maar een golvend oppervlak. Als waarnemers van de zonnewind in het platte eclipticavlak zitten wij nu eens boven en dan weer onder dat golvende oppervlak. Zo wisselt voor ons de richting van het magnetisch veld bij iedere draaiing van de zon een paar keer. ISPM zal voor de eerste keer het magnetisch veld op grote afstand van het eclipticavlak en ver van de zon gaan meten. Dan zal blijken of dit beeld van een gestoorde dipool klopt.

Ook de deeltjessamenstelling van de zonnewind verandert. In sommige vlagen komt er naar verhouding weinig helium-4 voor (gewone heliumkernen, die bestaan uit twee protonen en twee neutronen). Men denkt dat dit samenhangt met de omstandigheden in het brongebied van die vlagen. In de zonnewind zijn de elektronen gewoonlijk los van de atoomkernen: de zonnewind is een plasma. Bij helium-4 raken elektronen en kernen maar langzaam gescheiden. Helium-4 blijft in de zonnewind dus lang bestaan als een ongeladen atoom. Het is daardoor niet met elektrische krachten aan de rest van het plasma gekoppeld. Zo is er aan de wind veel helium-4 ontglipt, wanneer hij de aarde bereikt. ISPM zal kunnen vaststellen of er ook buiten het eclipticavlak zonnewindvlagen zijn met een tekort aan helium-4. Zulke vlagen zouden dan moeten zijn terug te voeren op bepaalde brongebieden ver van de zonsevenaar.

De brongebieden liggen niet zomaar recht onder de plaats

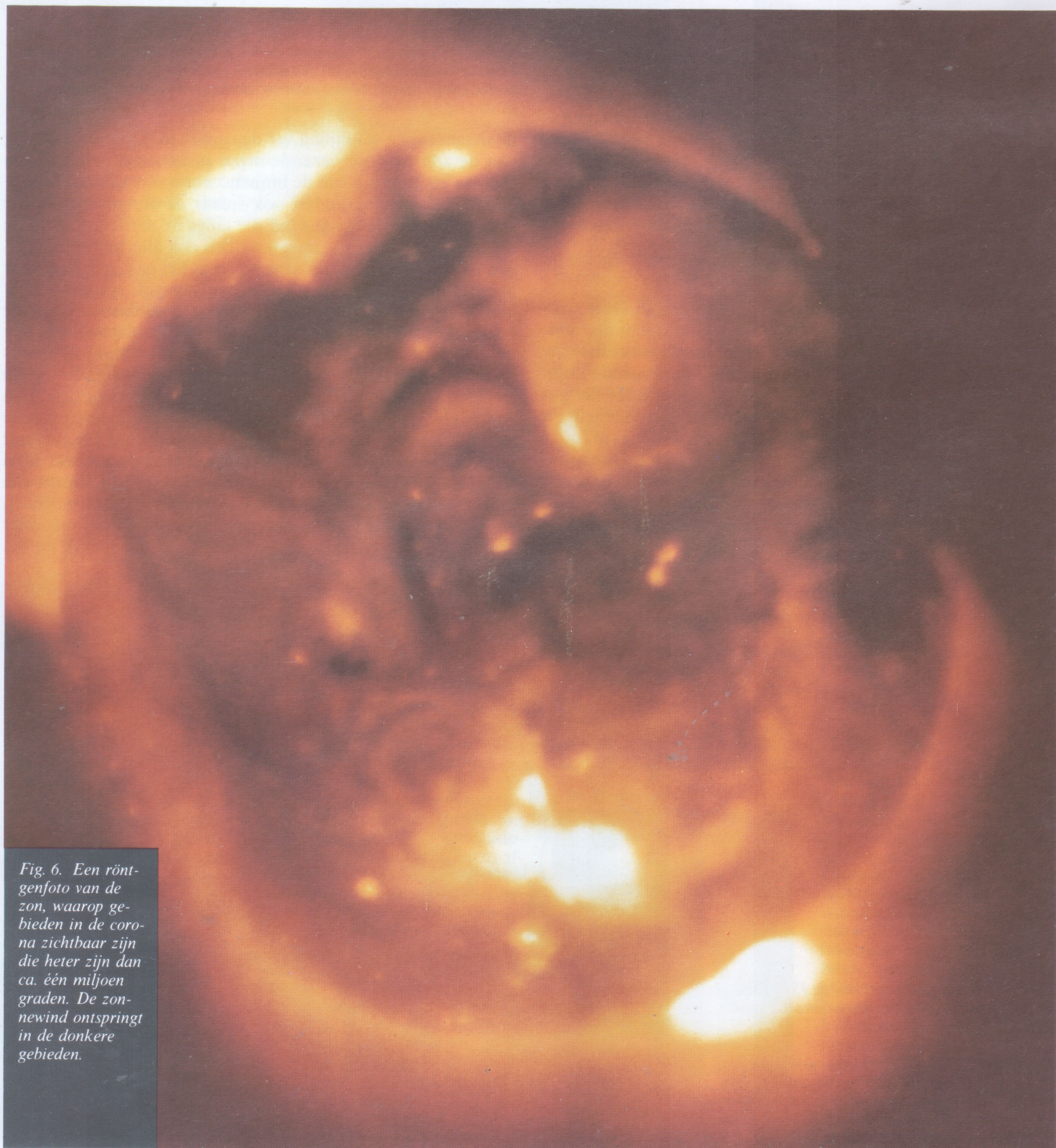
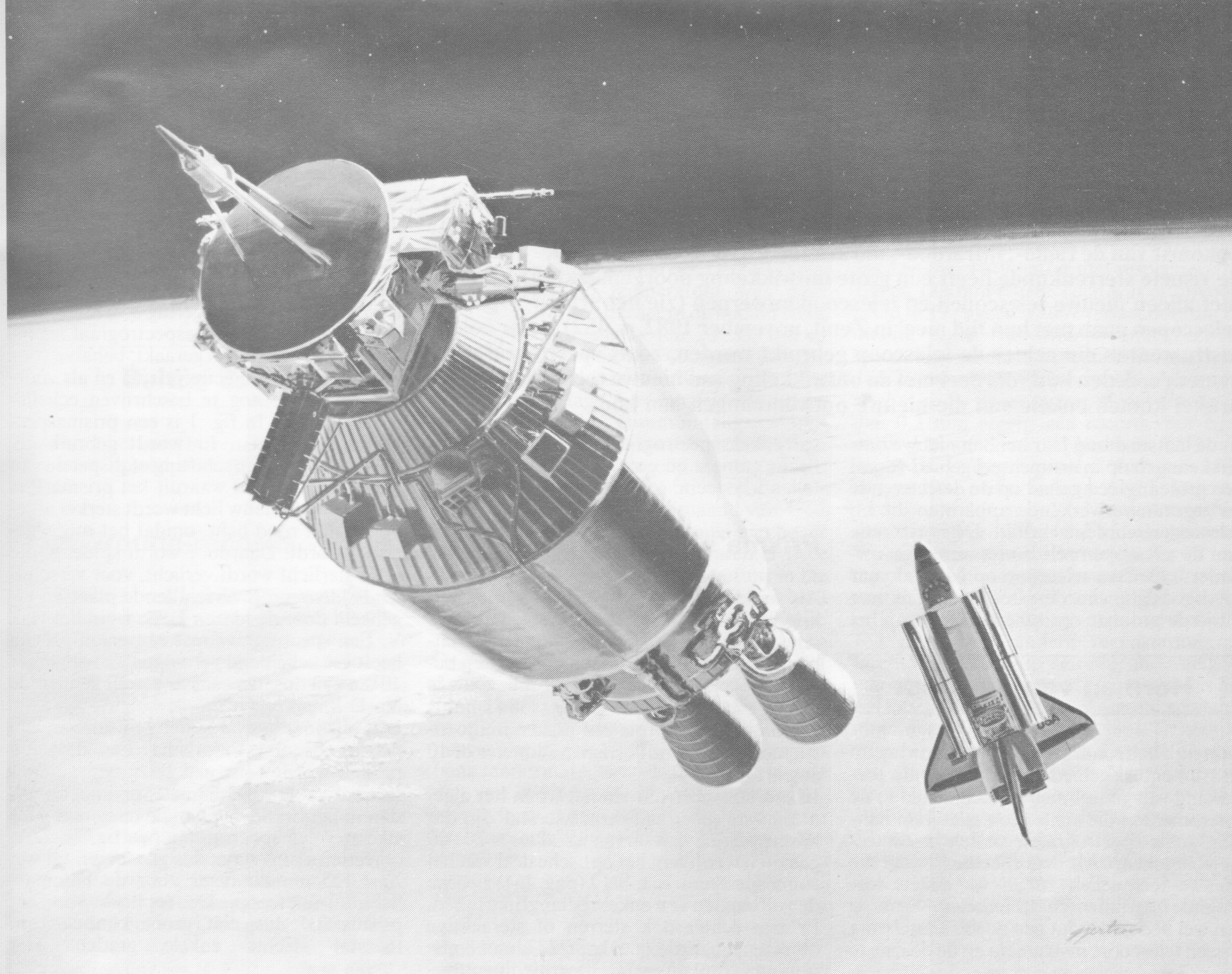


Fig. 6. Een röntgenfoto van de zon, waarop gebieden in de corona zichtbaar zijn die heter zijn dan ca. één miljoen graden. De zonnewind ontspringt in de donkere gebieden.



waar een windvlaag gemeten wordt. De zonnewind krijgt namelijk wat van de draaiing van de zon mee, zodat de stroomlijnen spiraalvormig zijn. Op hogere breedten ontspringt de zonnewind dichter bij de draaiingsas van de zon dan aan de evenaar. De zonnewind ver van het eclipticavlak krijgt daardoor minder draaiing mee. Over de stroming van de zonnewind buiten het eclipticavlak is overigens ook zonder ISPM al wel wat bekend geworden. De zonnewind heeft namelijk grote invloed op de stand van komeetstaarten, en kometen komen ook voor buiten het vlak van de planeetbanen. Kometen verliezen stof langs hun baan. ISPM bevat een instrument dat de verspreiding van stof buiten het eclipticavlak nagaat. In het eclipticavlak kennen we het stof al uit het zodiakale licht.

Fig. 7. De International Solar Polar Mission wordt in mei 1986 met behulp van een aangepaste Centaur-rakettrap vanuit het vrachtruim van de Space Shuttle gelanceerd in de richting van de planeet Jupiter.

Kosmische deeltjes en röntgenstraling

Zoals de zonnewind ongeladen helium-4 maar moeilijk van de zon *weg* kan blazen, zo kunnen ongeladen deeltjes van ver buiten het zonnestelsel misschien zelfs tegen de wind in de zon benaderen. Eén van de instrumenten in ISPM is erop gericht zulke deeltjes op te sporen. Ook *geladen* deeltjes kunnen van verre de zon naderen, als ze maar genoeg bewegingsenergie hebben. Die kosmische straling uit het Melkwegstelsel wordt ook door ISPM gemeten. Vergelijkbare hoge-energie-deeltjes worden in de invloedssfeer van de zon versneld: bij uitbarstingen aan het zonsoppervlak, in de stralingsgordels van de planeet Jupiter, en in onregelmatigheden in de zonnewind. Die onregelmatigheden uiten zich in plasmagolven en radiogolven. Ook voor het meten daarvan heeft ISPM een instrument aan boord.
Er is nog één ander instrument in ISPM, dat een wat afwijkende taak heeft. Het moet gaan kijken naar röntgenuitbarstingen op de zon. Het tijdsverschil tussen de aankomst van een bepaalde röntgenstoot bij ISPM en bij de aarde geeft aan waar die röntgenstoot vandaan moet zijn gekomen aan het zonsoppervlak. Dit experiment is overigens het enige waaraan een Nederlands instituut deelneemt (het Laboratorium voor Ruimteonderzoek in Utrecht). Hetzelfde instrument kan ook uitbarstingen van gammastraling uit het heelal vastleggen. Voor gammastoten is tijdsverschilmeting de enige manier om de herkomst te weten te komen. Voor wat betreft de röntgenstoten van de zon zou het tweede ISPM-ruimteschip erg waardevol geweest zijn. Twee gelijke instrumenten zouden dan beide de sterkte van een stoot hebben kunnen meten. Dat zou verteld hebben in welke mate de uitbarsting in twee verschillende richtingen röntgenstraling uitzond. Daaruit hadden gegevens kunnen worden afgeleid over de beweging van de stralende elektronenbundel.

Dat NASA geen eigen ruimteschip bouwt, doet maar weinig af aan het woord 'International' in ISPM. Bij de negen instrumenten aan boord zijn honderd onderzoekers betrokken, werkend bij veertig instituten in twaalf landen. Amerikanen zijn niet alleen betrokken bij sommige experimenten en bij de lancering: NASA is ook de enige die kan zorgen voor de radioverbinding wanneer ISPM straks in de diepe ruimte is.
Het vluchtmodel van ISPM is al klaar. In december 1983 moet het uitgetest zijn. Het wordt dan opgeslagen tot 1985, waarna het nogmaals wordt uitgeprobeerd voor de lancering in mei of juni 1986. Deze merkwaardige gang van zaken wordt veroorzaakt door een grote vertraging bij de ontwikkeling van de Centaur-rakettrap, waardoor men eerdere lanceermogelijkheden voorbij moet laten gaan.

Nieuwe technieken voor visueel waa

In de afgelopen dertig jaar heeft de sterrenkunde zich gekenmerkt door de snelle opkomst van de radio-, infrarood-, ultraviolet- en röntgenastronomie. Maar ook de visuele sterrenkunde heeft een grote ontwikkeling doorgemaakt. Er kwamen niet alleen nieuwe telescopen en telescoopontwerpen (zie het artikel 'Optische telescopen gaan met hun tijd mee' in Zenit, november 1982, p. 452), maar ook de instrumenten die achter de telescoop gebruikt worden, zoals spectrografen en camera's, deden hun voordeel met de ontwikkeling van nieuwe technieken. In dit artikel komen enkele van die nieuwe ontwikkelingen aan bod.

In de laatste dertig jaar hebben nieuwe ontwikkelingen op instrumenteel gebied vooral een grote invloed gehad op de detecterende en gegevensverwerkende apparaten die bij telescopen worden gebruikt. De constructie van de telescopen zelf is niet wezenlijk veranderd. De 5 m telescoop op Mt. Palomar uit het begin van de jaren veertig is nog altijd de grootste optische telescoop op het

Herman van de Stadt

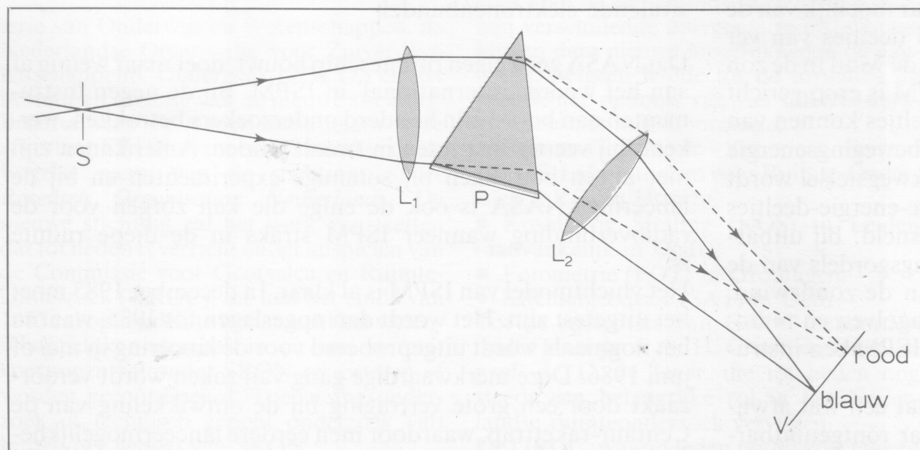
westelijk halfrond. De grote vernieuwing op instrumenteel gebied lag vooral in de toepassing van geheel nieuwe technieken in de instrumenten die achter een telescoop hangen, zoals spectrografen en televisiedetectietechnieken. Als voorbeelden van die nieuwe technieken zullen we enkele losstaande instrumenten behandelen. We moeten wel bedenken dat een goede aanpassing tussen telescoop, instrument en de daarna te gebruiken gegevensverwerkende apparatuur van essentieel belang is om de prestaties van elk van deze onderdelen goed tot zijn recht te laten komen. Voor elk specifiek astronomisch waarnemingsprogramma is een systeemanalyse van alle benodigde apparatuur dan ook van groot belang. Zo mag bijvoorbeeld het oplossend vermogen van een spectrograaf zeker niet slechter zijn dan dat van de gebruikte telescoop, terwijl de afmetingen van de te gebruiken detector niet groter moeten zijn dan het oplossend vermogen van de spectrograaf aangeeft.
Terwille van de bondigheid zien we in dit artikel af van een beschrijving van instrumenten van fotometrische en polariserende aard en beperken we ons tot de beschrijving van enkele spectrografen, een elektronografische camera en een afbeeldend, fotonentellend systeem.

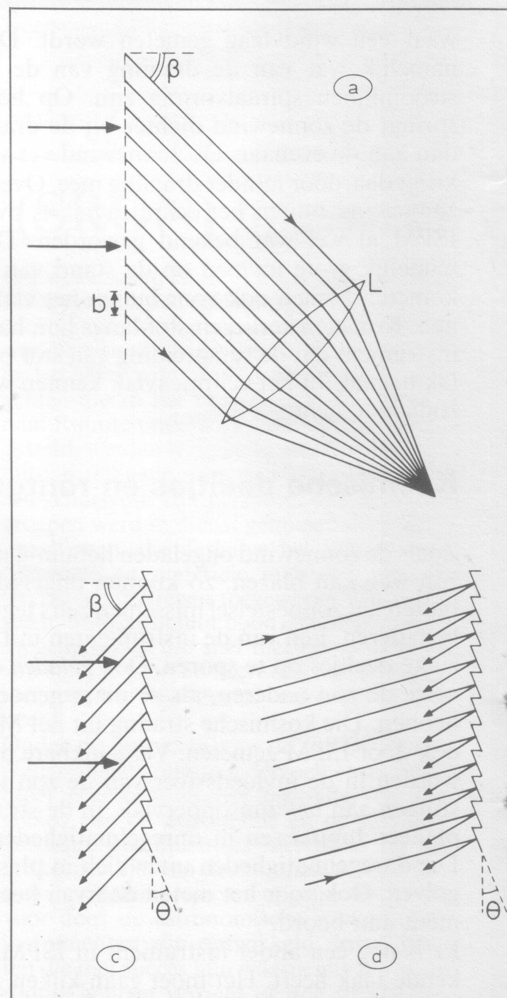
Prisma's en roosters

Als we kijken naar de spectrale samenstelling van het licht, dan kunnen we het optische golflengtegebied in een aantal kleurenbanden verdelen, die samen golflengten bestrijken vanaf 380 nm tot 780 nm, zoals is aangegeven in tabel 1 op pag. 458 (1 nm is één nanometer, dat is een duizendmiljoenste meter of één miljoenste millimeter of 10 ångström).
In een sterspectrum vinden we in het algemeen vele spectraallijnen. Meestal zijn dat absorptielijnen, waarvan er al zo'n 20 000 gemeten werden in het optische deel van het zonnespectrum. In tabel 2 (pag. 461) zien we de golflengten van enkele belangrijke lijnen. Er zijn echter ook sterren of sterachtige objecten, zoals de quasar 3C273, met emissielijnen in plaats van absorptielijnen, terwijl er ook objecten zijn met slechts enkele optische spectraallijnen (O-sterren). Een inleidend artikel over spectroscopie in de sterrenkunde is te vinden in *Zenit*, juni 1982, p. 260.

Met behulp van een spectrograaf kan een sterspectrum worden afgebeeld. Als criterium voor de kwaliteit van een spectrograaf wordt het spectraal scheidend vermogen gebruikt. Veronderstel twee spectraallijnen met golflengten λ_1 en λ_2, dicht bij elkaar; indien een spectrograaf deze nog juist gescheiden weergeeft, is het scheidend vermogen, R, gelijk aan: $R = \lambda/\Delta\lambda = \lambda_1/(\lambda_1 - \lambda_2) \approx \lambda_2/(\lambda_1 - \lambda_2)$. Voor het gescheiden weergeven van de twee natrium-D-lijnen (zie tabel 2) is een spectrograaf nodig met een scheidend vermogen van $R = 589/0,6 \approx 10^4$.
Er zijn twee typen spectrografen bekend, die op een verschillend principe berusten: prismaspectrografen en roosterspectrografen. Zo'n dertig jaar geleden werden **prismaspectrografen** zeer veelvuldig gebruikt. Ze hebben echter een gering scheidend vermogen, zodat de prismaspectrograaf tegenwoordig in onbruik is geraakt, behalve voor het gebruik als objectiefprisma en als vóórselector in de nog te beschrijven echellespectrografen. In fig. 1 is een prismaspectrograaf geschetst. Er wordt gebruik gemaakt van de kleurschifting of dispersie van glas, het materiaal waaruit het prisma P is vervaardigd. Blauw licht wordt sterker afgebogen dan rood licht, omdat het meer 'geremd' wordt. Daardoor wordt spleet S, die door sterlicht wordt verlicht, voor verschillende kleuren op verschillende plaatsen afgebeeld door de lenzen L_1 en L_2 in het vlak V. Een spectrograaf met één enkel prisma heeft een scheidend vermogen van ongeveer 10^3 en kan dus niet eens de eerder genoemde Na-D-lijnen scheiden.
Een bijzonder geval is het gebruik van een prisma als objectiefprisma. Een dergelijk prisma wordt vóór een telescoop gemonteerd, over de volle diameter ervan, en geeft dan in het brandvlak van de telescoop voor elke ster een spectrumpje (zie fig. 3). Zo'n objectiefprisma moet dus groot zijn, tot wel zo'n 125 cm diameter voor de Palomar-Schmidt-telescoop. De tophoek van het prisma zal dus niet groot kunnen zijn, meestal slechts enkele graden. Het

Fig. 1. Een prismaspectrograaf bevat een prisma P, een collimatorlens L_1 met een spleet S in het brandvlak en een afbeeldingslens, L_2, die de spleet S afbeeldt in het brandvlak V.

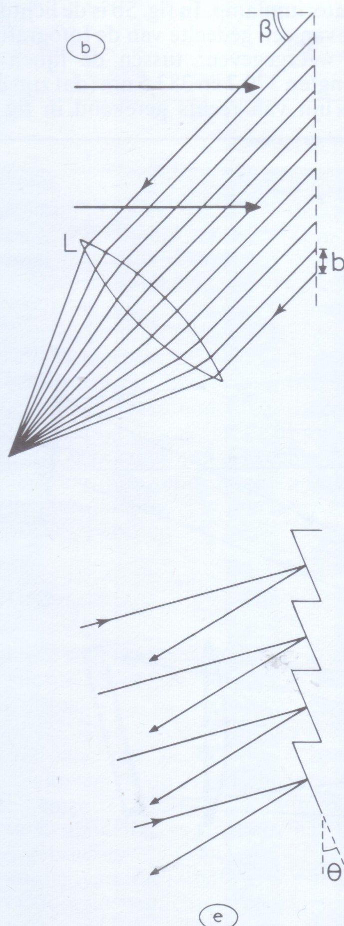




rnemen

scheidend vermogen zal daardoor ook niet groot zijn, meestal slechts ongeveer 10^2. Dit is echter voldoende om een ruwe spectrale classificatie van stertypen mogelijk te maken, waarbij het een groot voordeel is dat met één opname van een sterveld meestal vele honderden sterren tegelijkertijd kunnen worden vastgelegd.
Een bijzondere variant van een objectiefprisma werd door Fehrenbach in 1966 bedacht en wordt nu ondermeer gebruikt bij één van de telescopen van de Europese Zuidelijke Sterrenwacht ESO in Chili. Vóór een 40 cm refractor is een 'dubbel-prisma' in een draaibare houder gemonteerd (zie fig. 4). Eén van de twee prisma's is vervaardigd van zgn. kroonglas met een kleine dispersie; het andere prisma is vervaardigd van flintglas met een grote dispersie. Samen zorgen de prisma's ervoor dat voor één bepaalde kleur in het midden van het optische spectrum (dus in het groene gebied) de lichtstralen rechtdoor gaan, alsof het prisma niet aanwezig was. Een dergelijk prisma wordt een 'rechtziend' prisma genoemd en wordt veelvuldig toegepast in kleine zakspectrografen, die bij een opticien te koop zijn. Met het

Fig. 2. Verschillende soorten roosters. a. transmissierooster, b. reflectierooster, c. reflectierooster met 'blaze'-hoek ϑ, d. zoals c, maar met gelijke hoeken van inval en terugkaatsing, e. echelle-rooster, waarbij ϑ meestal groter is dan hier afgebeeld.



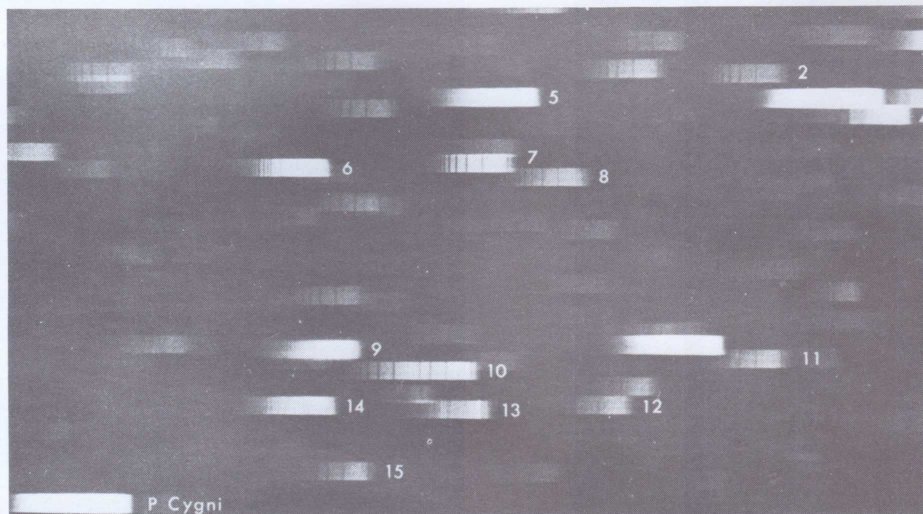
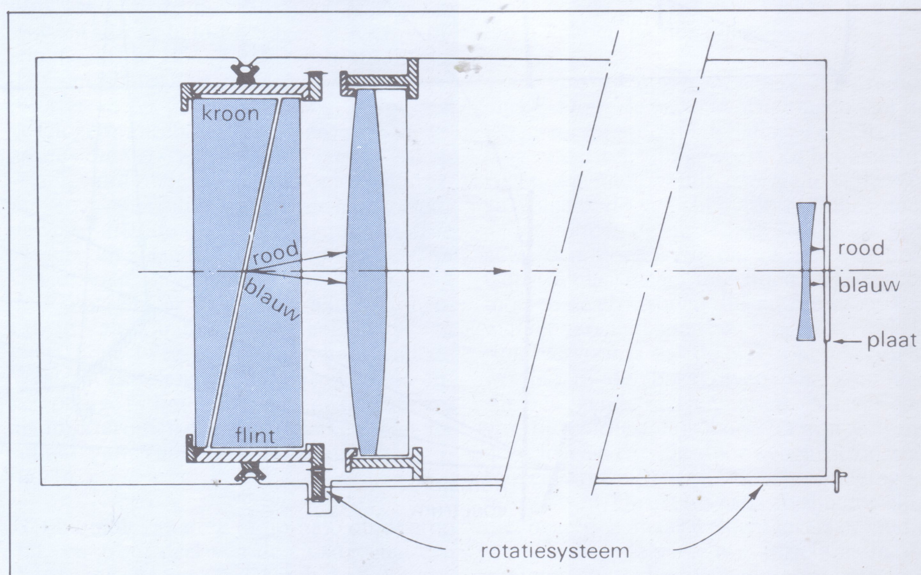


Fig. 3. De sterrenhemel in de buurt van de ster P Cygni, opgenomen via een objectiefprisma. De meeste sterren zijn van de 7e tot de 9e magnitude. De helderste ster, P Cygni, staat links op de plaat (het noorden), is van de 5e magnitude en sterk overbelicht. Alle spectra lopen van blauw (links) naar rood (rechts). De lange spectra, zoals bijv. nummer 5, zijn afkomstig van zeer hete sterren, en vertonen een breed continuüm met vrijwel geen spectraallijnen. Andere spectra, zoals nummers 2 en 6, vertonen enkele duidelijke waterstoflijnen, die aangeven dat we met A- en F-sterren te maken hebben. Spectrum 4 vertoont vrijwel geen waterstoflijnen, maar wel duidelijke metaallijnen, zoals de calcium-H en -K lijnen; het is een ster van spectraaltype K. Spectra 3 en 13 geven aan dat we met emissielijn-sterren te maken hebben; het zijn zogenaamde Wolf-Rayetsterren.

dubbelprisma volgens Fehrenbach kunnen nu twee opnamen op één fotografische plaat worden gemaakt, waarbij het prisma voor de tweede opname over 180° gedraaid wordt ten opzichte van de eerste opname. Hierdoor krijgen we voor elke ster twee spectra met tegengestelde dispersie en op een onderlinge afstand die bepaald wordt door de Doppler-verschuiving ten gevolge van de radiale snelheid van de ster. Als we de afstand van een spectraallijn in de twee opnamen van een *stilstaand* object kennen dan zien we voor een *bewegend* object die afstand plus twee maal de verschuiving. Een lijn die in het ene spectrum naar links verschoof, is in het 'gespiegelde' spectrum naar rechts verschoven. De dubbele spectra stellen ons zo in staat om met vrij grote precisie (ca. 5 km/s) de radiale snelheid van veel sterren tegelijk te meten.

Bij **roosterspectrografen** wordt geen gebruik gemaakt van de kleurschifting van glas, maar van de interferentie-eigenschappen van een rooster. Een rooster bestaat uit een groot aantal parallelle, rechte lijnen op onderling gelijke afstand op een transparant (fig. 2a) of een reflecterend (fig. 2b) oppervlak. De lijnen fungeren volgens het principe van Huygens als nieuwe, secundaire lichtbronnen, die golffronten uitzenden met een fase die door de vorm van het rooster wordt bepaald. In een gegeven richting β (zie fig. 2a) zullen de secundaire stralen elkaar versterken als het faseverschil tussen de opeenvolgende stralen steeds een geheel aantal (m) golflengten is. In de zogenaamde tralieformule wordt dit: $b \sin \beta = m\lambda$, waarbij b de onderlinge afstand van de lijnen op het rooster is (die onderlinge afstand noemt men de periode van het rooster), terwijl λ de golflengte van het licht is en m de 'orde' van het afgebogen licht. In andere richtingen, ongelijk aan β, zal het faseverschil tussen de

Fig. 4. Een objectiefprisma-spectrograaf volgens Fehrenbach, 1966.



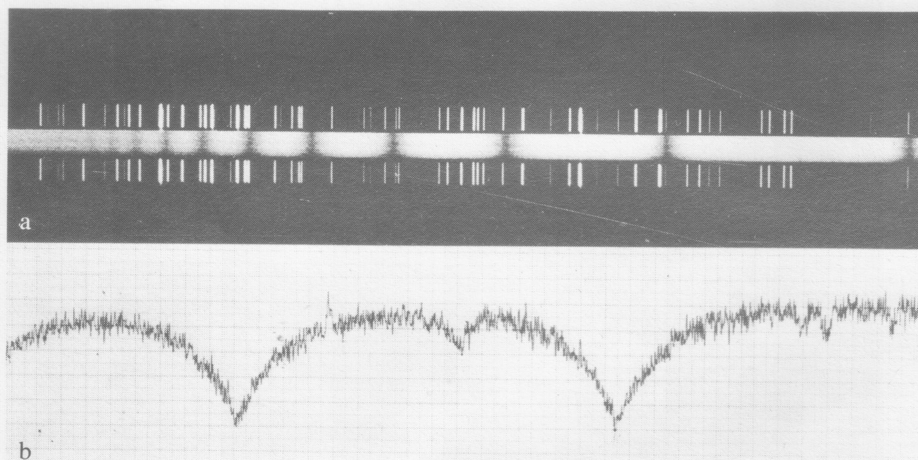


Fig. 5. Spectrum van de ster i Herculis (5a) met de gemeten transmissie (5b).

secundaire stralen zodanig verlopen, dat er uitdoving optreedt: voor een bepaalde golflengte zal slechts in bepaalde richtingen licht worden afgebogen. Omdat bij elke verandering van λ een andere hoek β behoort, krijgen we in het brandvlak van de lens L een spectrum te zien.

Als voorbeeld geven we het geval van een rooster met een periode van 0,002 mm (dus 500 lijnen per mm) en een golflengte van 500 nm: de eerste-orde-afbuiging (m = 1) vindt plaats bij een hoek van 14,48°, de tweede orde (m = 2) bij 30°. Voor een golflengte van 501 nm zal de afbuighoek β voor de eerste orde 14,51° worden. Of deze twee golflengten van 500 en 501 nm door het tralie werkelijk gescheiden kunnen worden, hangt alleen nog maar af van het totale aantal lijnen (N) op het rooster. Het relatieve scheidend vermogen van een roosterspectrograaf is dan ook bepaald door de volgende formule: $R = Nm$. Dit betekent voor ons voorbeeld dat de waarde van R alleen nog maar bepaald wordt door de breedte van het rooster: voor een 100 mm breed rooster is $N = 100 \times 500 = 50\,000$, dus het scheidend vermogen is 5×10^4 in de eerste orde en 10^5 in de tweede orde. Dat is dus aanmerkelijk meer dan bij een prismaspectrograaf.

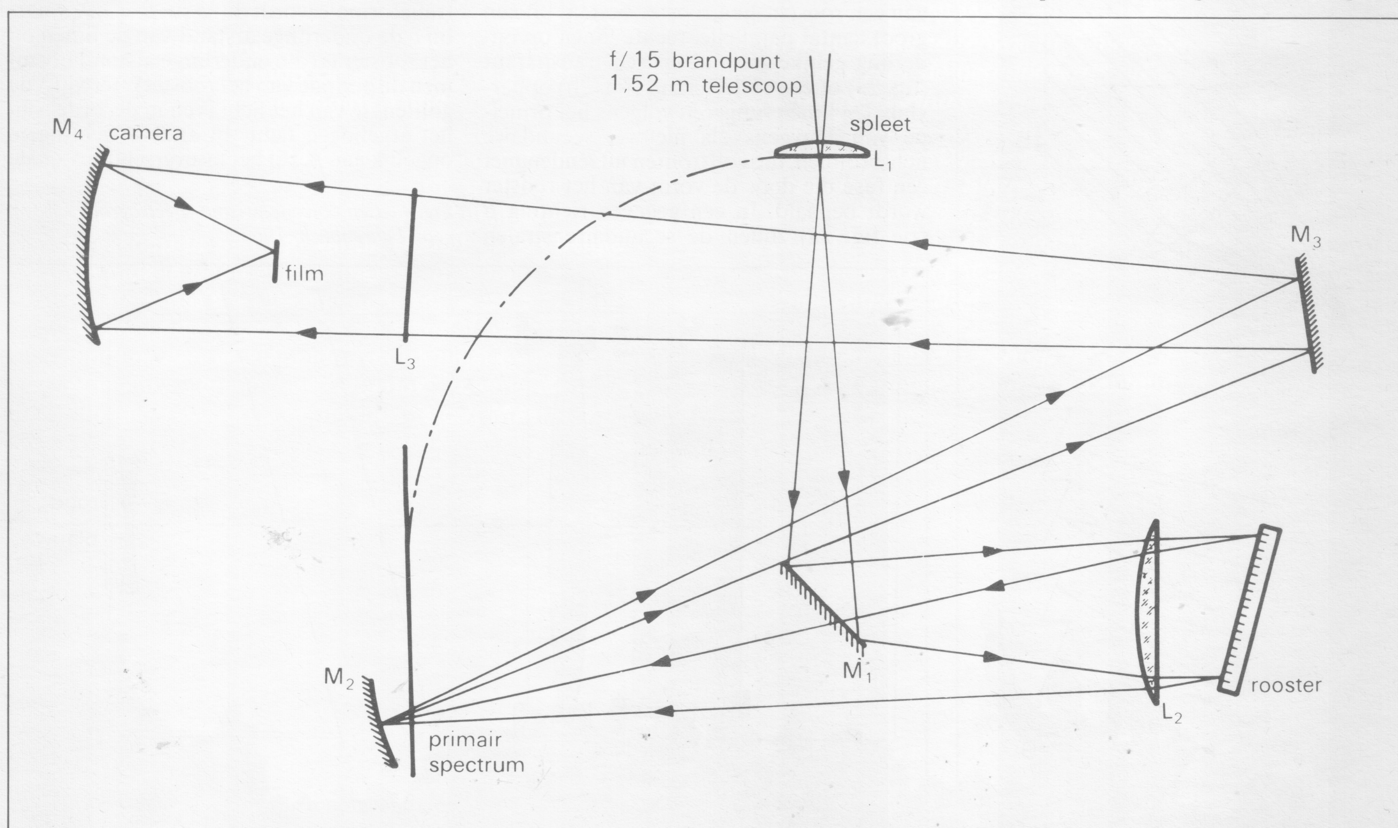
Fig. 6. De radiale snelheidsspectrograaf RVCASS (RV = Radial Velocity) voor het Cassegrainfocus van de 1,52 m ESO-telescoop.

Nieuwe ontwikkelingen

In de afgelopen dertig jaar zijn er een aantal nieuwe ontwikkelingen geweest op het gebied van roosters. In willekeurige volgorde noemen we er enkele.

Rendementsverhoging. In de spectroscopie is niet alleen het scheidend vermogen van belang, maar ook het rendement. In fig. 2 zien we verschillende roosteruitvoeringen. Bij 'gewone' roosters, zoals in fig. 2a en 2b, wordt het licht verdeeld over vele ordes, zodat er relatief weinig licht overblijft voor de éne gewenste orde m. Door het rooster een trapsgewijs profiel te geven (zie fig. 2c, en soort luxaflex-model) is het mogelijk om bijna al het afgebogen licht in één orde te concentreren. In die orde lijkt het rooster dan lichter, en de methode wordt daarom *blazen* genoemd (Engels: to blaze = (op)lichten). We moeten er dan voor zorgen dat de 'blaze' hoek θ ongeveer de helft is van de afbuighoek β. De fabricage van dit soort roosters met hoog rendement gebeurt met geprofileerde beiteltjes in zeer nauwkeurige rooster-graveermachines. Het gebruik ervan heeft er toe bijgedragen dat spectra van zeer zwakke sterren kunnen worden gemeten.

Afmetingen van roosters. Om een groot scheidend vermogen te realiseren is een groot rooster met veel lijnen per mm nodig, want dan is het totale aantal lijnen N zo groot mogelijk. De huidige rooster-graveermachines zijn nu in staat om roosters met wel 2400 lijnen per mm en een breedte van ruim 150 mm te maken. Hiermee kan in de eerste orde een scheidend vermogen van ongeveer 4×10^5 worden gerealiseerd. Een spectrograaf met zo'n groot scheidend vermogen moet echter vrij groot en zwaar zijn en wordt dan ook alleen in het onbeweeglijke Coudé-focus van grote telescopen gebruikt. Als voorbeeld van een groot scheidend vermogen zien we in het midden van fig. 5a het blauw-violette deel van het spectrum van de heldere, hete ster i Herculis met als voornaamste kenmerk een aantal brede absorptielijnen van waterstof. De smalle lijnen boven en onder het sterspectrum zijn calibratielijnen afkomstig van een laboratoriumlamp. In fig. 5b is de lichtdoorlating van een gedeelte van de fotografische plaat weergegeven: tussen de lijnen met golflengten 379,7 en 383,5 nm (dat zijn de 3e en 4e lijn van rechts gerekend in fig. 5a)



blijkt nog een zwakke heliumlijn met golflengte 381,9 nm aanwezig te zijn.

Afmetingen van spectrografen. Roosterspectrografen met een bescheiden scheidend vermogen van bijv. 4×10^4 worden veelvuldig toegepast in het Cassegrainfocus van telescopen. Ze moeten dan wel relatief klein van afmeting zijn, in ieder geval veel kleiner dan Coudé-spectrografen, waarvoor afmeting en gewicht geen rol spelen. Als voorbeeld geven we in fig. 6 het optische schema van de radiale-snelheids-Cassegrain spectrograaf (RVCASS) van de 1,52 m ESO-telescoop. De intreespleet van de spectrograaf is aangebracht op de vlakke kant van lens L_1 en voor het raliseren van een zo compact mogelijke bouw is gebruik gemaakt van de spiegels M_1, M_2 en M_3 om de lichtweg 'op te vouwen'. In de figuur vallen twee dingen op: in de eerste plaats wordt het rooster gebruikt zoals in fig. 2d is aangegeven: de hoek van inval is ongeveer gelijk aan de hoek van terugkaatsing, waardoor een zo lichtsterk mogelijk spectrum ontstaat. We noemen dat een auto-collimatie of een Littrow-opstelling. Dit wordt vaak gedaan omdat dan niet alleen het rendement van het rooster optimaal is, maar bovendien de opstelling zeer compact kan zijn. In de tweede plaats valt de bijzondere camera op, die bestaat uit een soort Schmidt-telescoop: een sferische spiegel M_4 en een correctie- of veldlens L_3. Het gezichtsveld van zo'n camera, en dus het bestreken golflengtegebied, is relatief groot en het filmvak is een beetje gekromd.

Echelle-spectrografen. Naar een idee van Wood uit 1910 werden in de jaren vijftig de eerste bruikbare echellespectrografen gebouwd. Een echelle is een speciaal rooster, waarvan de 'blaze' hoek en de roosterperiode relatief groot zijn; typische waarden zijn: $\theta = 63°$ en $b = 0{,}01$ mm, dus slechts 100 lijnen per mm. Het grote voordeel van een echellespectrograaf is dat de lichtopbrengst veel groter kan zijn dan die van een vergelijkbare gewone roosterspectrograaf. Een nadeel is echter dat we sterk overlappende ordes krijgen, waarmee bedoeld wordt, dat bijvoorbeeld de tiende orde (m = 10) voor een golflengte van 500 nm dezelfde afbuighoek heeft als de negende orde voor 554 nm. Dit probleem wordt gewoonlijk opgelost met behulp van een zogenaamde voorafbuiger (*predisperser*). Dat is meestal een prisma dat een golflengte-afhankelijke afbuiging geeft van alle ordes van het echelle, maar dan in een richting die loodrecht staat op die van het echelle zelf. In fig. 7 zien we de echellespectrograaf voor het Coudéfocus van de 1,52 m ESO-telescoop (ECHELLEC). Het echellerooster zien we van boven af; in werkelijkheid maakt het een hoek van 27° (90° - θ) met het vlak van tekening. Het rooster staat weer in een Littrow-opstelling. De spiegels M_1, M_2 en M_3 zorgen weer voor een compacte opstelling en de camera bestaat nu uit de twee spiegels M_4 en M_5 met een correctielens L_2. De voorafbuiger is hier eigenlijk een na-afbuiger in de vorm van het zgn. Carpentersprisma. Dit prisma zorgt ervoor dat we in het beeldvlak van de spectrograaf de verschillende ordes onder elkaar afgebeeld krijgen. Het verkregen spectrum is dus twee-dimensionaal en leent zich daar-

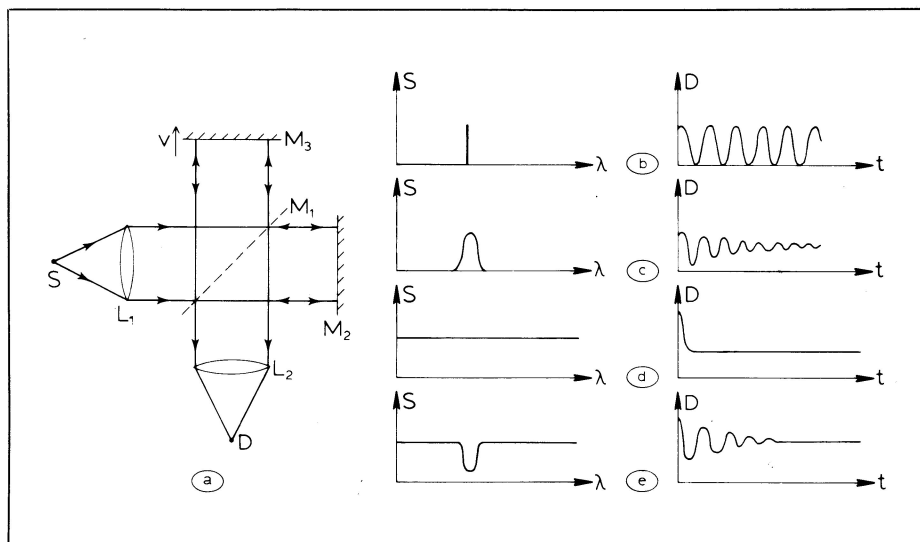
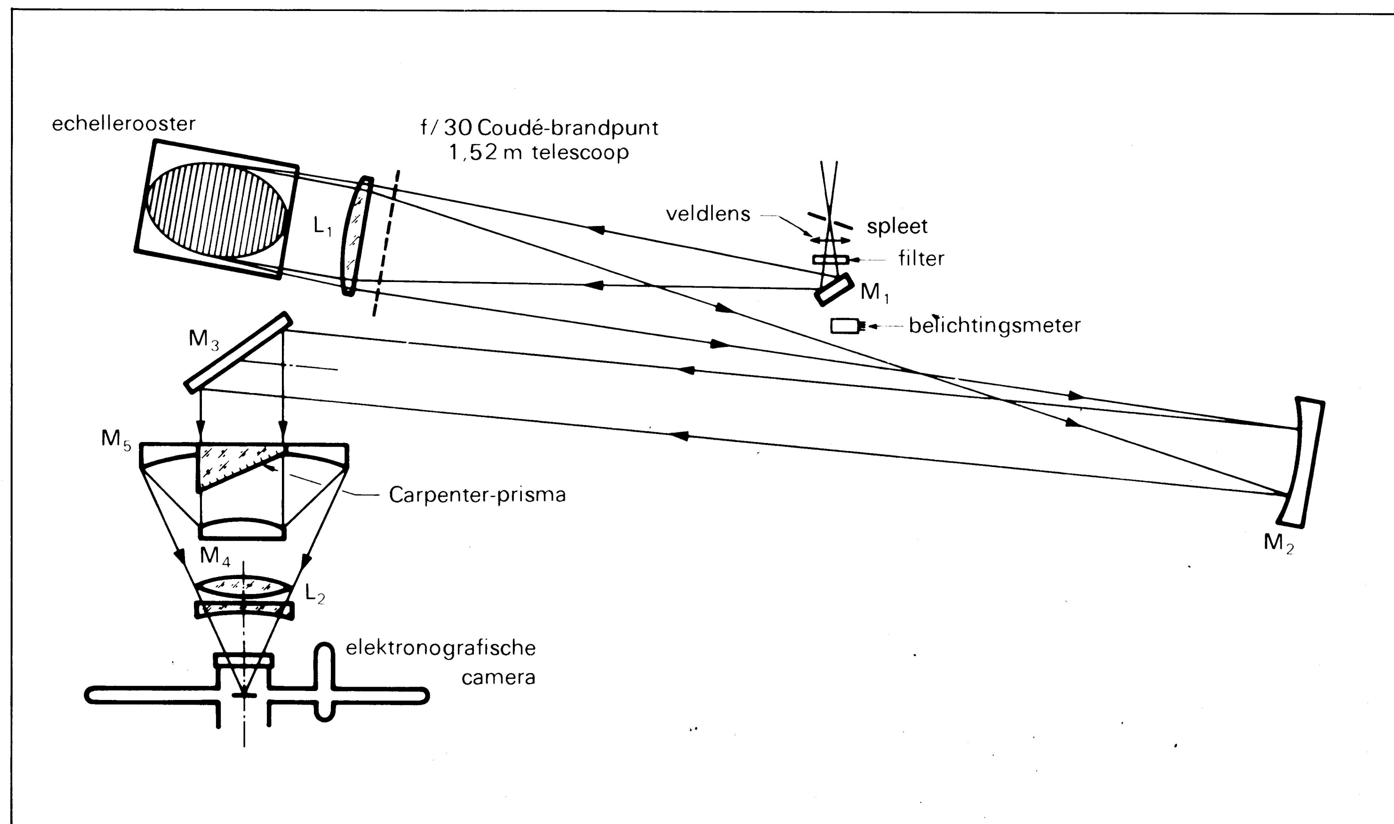


Fig. 8a. Een Michelson-spectrometer heeft een collimatorlens L_1 met lichtbron S in het brandvlak, een afbeeldingslens L_2 die de lichtbron op een detector D afbeeldt en een drietal spiegels: een vaste spiegel M_1, een deelspiegel M_2, en een bewegende spiegel M_3.

Fig. 8b t/m 8e. Vier voorbeelden van verschillende spectra als functie van de golflengte λ met de bijbehorende detectorsignalen D als functie van de tijd t.

Fig. 7. De echellespectrograaf voor het Coudéfocus van de 1,52 m ESO telescoop.



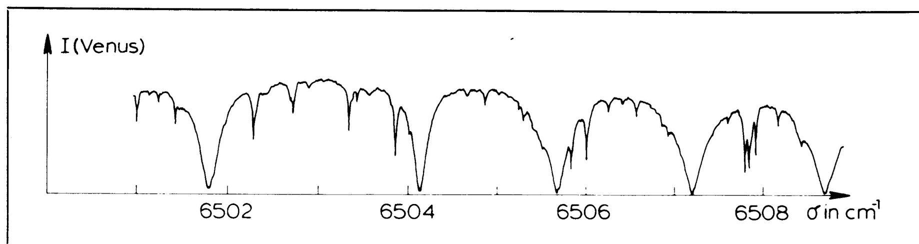


Fig. 9. Een gedeelte van het infrarode spectrum van de planeet Venus rondom een golflengte van 1,54 micrometer (dit is een golfgetal van 6504 cm^{-1}, waarbij het golfgetal het omgekeerde is van de golflengte). De resolutie is 0,015 cm^{-1} of in relatieve zin: $R = 4 \times 10^5$, dus vergelijkbaar met dat van de beste roosterspectrografen.

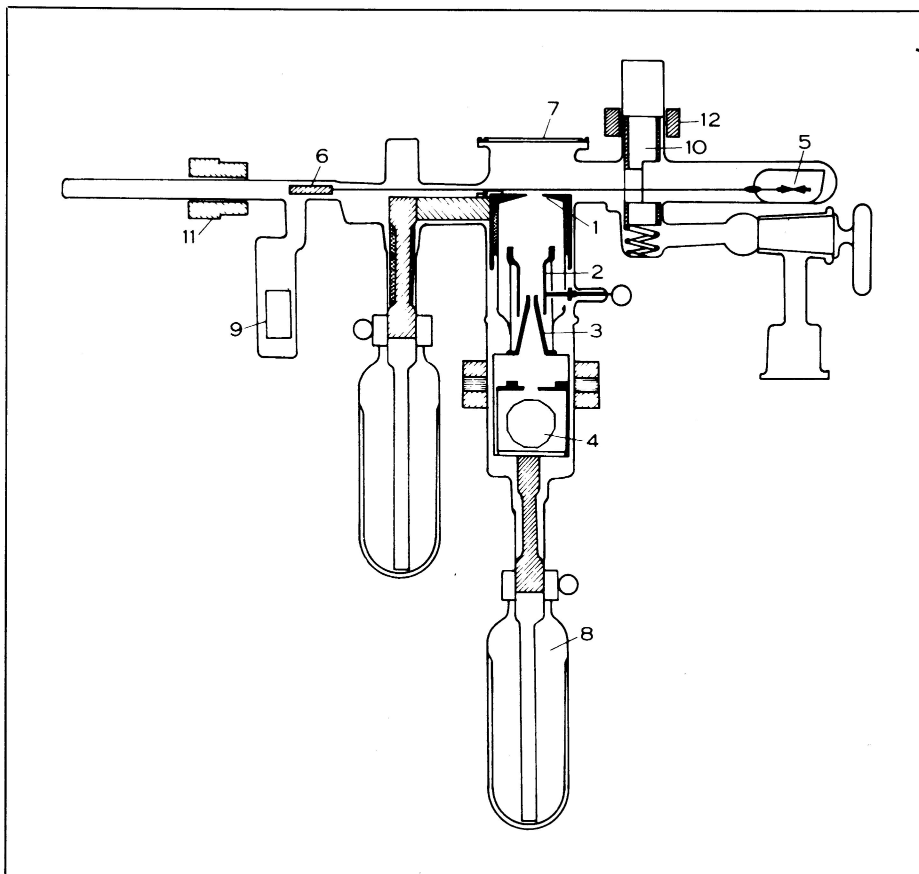


Fig. 10. De elektronografische camera van Lallemand. 1 = positie van de fotokathode, 2 = focusserende elektrode, 3 = anode, 4 = plaathouder met twaalf fotografische platen, 5 = capsule met fotokathode, 6 = trekmechanisme om fotokathode naar de juiste plaats (1) te bewegen, 7 = vacuümvenster (hierdoor komt de telescoopbundel van boven binnen), 8 = 'thermosfles' om de plaathouder (4) te koelen, 9 = vacuümpomp, 10 = hamer om de capsule (5) te breken, 11 en 12 = magneten om (6) en (10) te bewegen.

door uitstekend voor de toepassing van beeldbuizen; in fig. 7 is dat een elektronografische camera (zie later).
Een ander voorbeeld van een echellespectrograaf is de BUSS-spectrograaf, zie *Zenit*, nr. 7/8, blz. 246 en nr. 12, blz. 426.

Holografische roosters. Naar een idee van Labeyrie uit 1969 kunnen interferentiepatronen van twee laserbundels heel goed gebruikt worden als roosterpatroon. Zo'n patroon kan vastgelegd worden met fotografische technieken. Voordelen van holografische roosters zijn de geringe hoeveelheid strooilicht, de afwezigheid van zogenaamde 'spookbeelden', de mogelijkheid om zeer grote roosters te maken, desnoods op willekeurig gekromde oppervlakken, en tenslotte de relatief geringe fabricagekosten. Belangrijke nadelen zijn echter dat het rendement van holografische roosters gering is, omdat het moeilijk is het rooster te 'blazen'. Bovendien is het bruikbare gezichtsveld relatief klein, wegens de wijze van vervaardiging: er wordt gebruik gemaakt van de interferentie tussen twee lichtbundels, die elk afkomstig zijn van een puntvormige lichtbron.

Moderne roosters. Een geheel nieuwe generatie van roosters kan tegenwoordig gemaakt worden met de nieuwste, numeriek bestuurde graveermachines: gekromde lijnen en variabele lijnafstanden zijn door een computer te berekenen en in te stellen.

Michelson-interferometer

In 1881 bouwde Michelson een interferometer om de voortplanting van licht in de veronderstelde ether te bestuderen. In 1892 beschreef hij het gebruik van eenzelfde instrument voor een zeer preciese bepaling van de golflengte van de rode cadmiumlijn, waarmee hij de grondslagen legde van de Fouriertransformatie-spectroscopie. De onmogelijkheid om toen op een efficiënte manier Fouriertransformaties te berekenen, verhinderde echter de toepassing van de Michelson-interferometer voor de analyse van ingewikkelde spectra. Tegenwoordig is de berekening van Fouriertransformaties met moderne computers geen probleem meer.

kleur	golflengte
violet	380-450 nm
blauw	450-500 nm
blauw-groen	500-520 nm
groen	520-550 nm
geel-groen	550-570 nm
geel	570-600 nm
oranje	600-630 nm
rood	630-780 nm

Tabel 1. Kleurenbanden in het optische golflengtegebied.

Het principe van de Michelson-interferometer is in fig. 8a getekend. Een lichtbron S staat in het brandvlak van lens L_1, zodat een evenwijdige lichtbundel ontstaat, die door een deelspiegel M_1 voor 50% wordt doorgelaten en voor 50% wordt gereflecteerd. Het doorgelaten gedeelte (naar rechts in fig. 8a) wordt door een spiegel M_2 gereflecteerd en komt via dezelfde deelspiegel M_1 terecht in het brandpunt van lens L_2, waar een detector D staat. De door M_1 gereflecteerde bundel (in fig. 8a naar boven) wordt door een bewegende spiegel M_3 gereflecteerd en daarna door de deelspiegel M_1 (gedeeltelijk) doorgelaten om ook in het brandpunt D terecht te komen. De detector D ontvangt dus steeds twee bundels tegelijkertijd. Het bijzondere van een Michelson-interferometer is de bewegende spiegel M_3; hij beweegt met een constante snelheid, waardoor een steeds toenemend weglengteverschil ontstaat tussen de twee bundels. Laten we eens kijken naar de gevolgen van het steeds groter wordende weglengteverschil voor verschillende lichtbronnen met verschillende spectra. In fig. 8b zien we een bron met slechts één enkele zeer smalle spectraallijn; als M_3 beweegt zullen de twee bundels elkaar afwisselend volledig versterken en verzwakken: er wordt een sinusvormig in de tijd variërend signaal geregistreerd door detector D, met een frequentie die voor een bepaalde, gegeven snelheid v alleen nog

> *Bij het verklaren van waarnemingen is de sterrenkundige veelal gedwongen zich te beperken tot een zeer ruwe benadering; deze ruwheid steekt schril af tegen het fijnzinnig vernuft van de ontwerpers en bouwers van de instrumenten waarmee de waarnemingen gedaan worden.*
>
> *(Stelling uit het proefschrift van W. van Tend, 19 november 1979)*



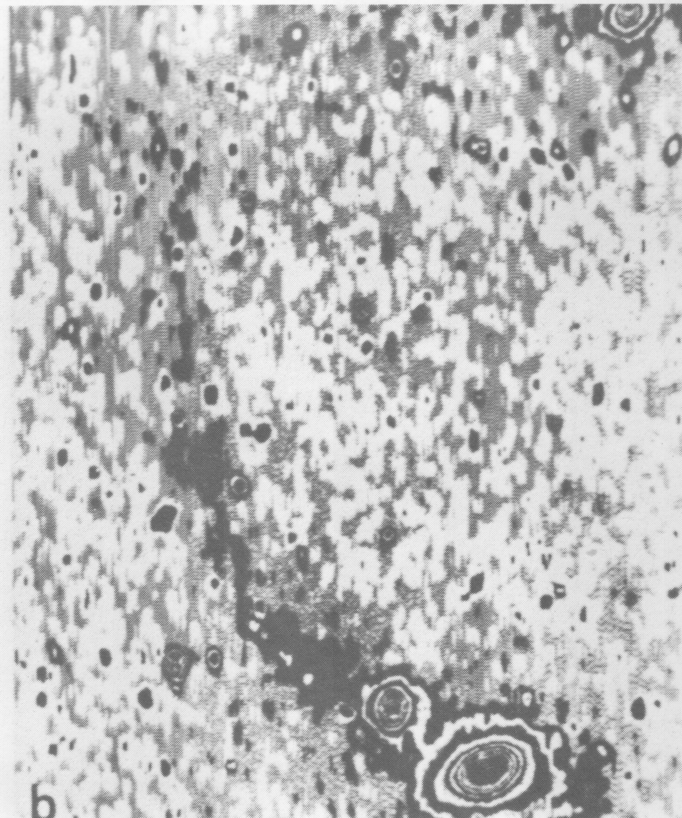


Fig. 11. Een fotografische opname van het sterrenstelsel Arp 174 (11a) en een elektronografische opname van hetzelfde object (11b).

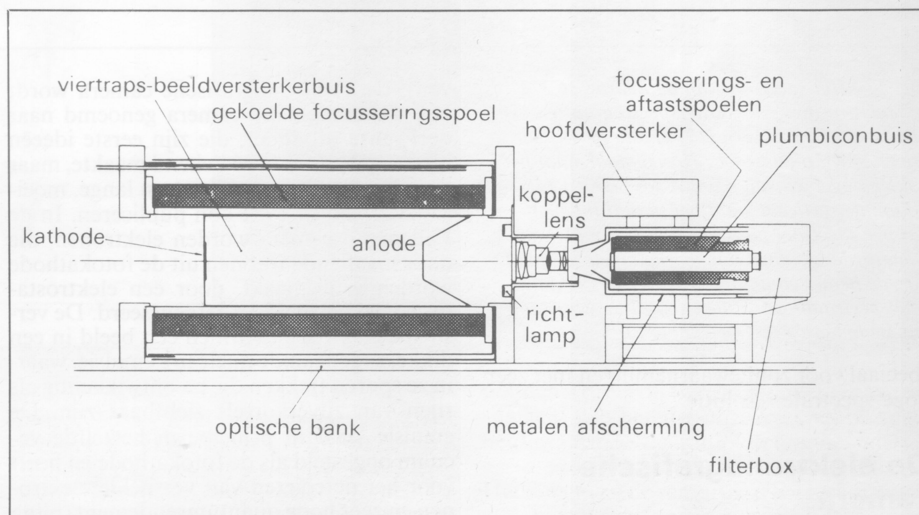


Fig. 12. Een afbeeldend, fotonentellend systeem (IPCS) volgens Boksenberg (1972). Op een optisch statief staat links een beeldversterkerbuis, bestaande uit vier aparte buizen in serie. Dergelijke buizen hebben meestal een inkoppelingsplaat bestaande uit lichtgeleidende fibers; de focussering van foto-elektronen in de buizen gaat met een gekoelde spoel, die rondom is aangebracht en door dunne metalen platen tegen elektrische storingen van buiten wordt afgeschermd. De televisiecamera bestaat uit een plumbiconbuis (rechts), waarmee het beeld punt voor punt wordt afgetast.

afhangt van de golflengte λ van de spectraallijn. In fig. 8c zien we een bron met een brede spectraallijn, die we opgebouwd kunnen denken uit een groot aantal zeer smalle spectraallijnen zoals in fig. 8b. Nu zal elk spectraalonderdeel een iets andere golflengte hebben en dus aanleiding geven tot zijn eigen sinusfrequentie in de detector. In het begin zal het weglengteverschil klein zijn, dus alle sinussen versterken elkaar; maar naarmate M_3 verder weg beweegt zullen de verschillende frequenties uit fase raken en de modulatie uitdempen zoals in fig. 8c te zien is. Versterking van het ene deel van de brede lijn valt dan samen met verzwakking van een ander deel. Naarmate de spectraallijn breder wordt zal de modulatie sneller uitdempen, totdat er voor een continu spectrum één modulatiepiek overblijft, zie fig. 8d. Voor een spectrum met een absorptielijn zal een modulatie overblijven zoals in fig. 8c is weergegeven. Dit resultaat wordt eenvoudig verkregen door 8c van 8d 'af te trekken'.
Er bestaat een algemeen verband tussen de spectra S en de gedetecteerde signalen D: een Fouriertransformatie. Dat betekent niet alleen dat het spectrum S op een éénduidige manier het signaal D bepaalt, maar ook omgekeerd: uit het signaal D kan via een Fouriertransformatie op een éénduidige manier het spectrum afgeleid worden. De Michelson-interferometer is dus een Fouriertransformatie-spectrograaf.
Wat zijn de voordelen van een Fouriertransformatie-spectrograaf ten opzichte van een roosterspectrograaf? Het belangrijkste voordeel is dat op elk moment het hele spectrum tegelijkertijd wordt gemeten door één detector. We noemen dit het multiplexvoordeel, dat vooral van belang is als we te maken hebben met hinderlijke ruis, zoals bijvoorbeeld 'detectorruis', die zeer sterk kan zijn in het infrarode deel van het spectrum. Dan is een ander belangrijk voordeel de afwezigheid van een intreespleet. Bij een roosterspectrograaf is dat één van de factoren die het rendement beperkt. De lichtopbrengst en dus de helderheid van het zwakste nog waar te nemen object is voor een Fouriertransformatie-spectrograaf groter dan voor een roosterspectrograaf. Zoals gezegd zijn de genoemde voordelen vooral belangrijk in het (nabije) infrarode deel van het spectrum en dan vooral voor uitgebreide objecten zoals zon en planeten. In fig. 9 zien we een voorbeeld van een deel van het spectrum van Venus rond een golflengte van 1,54 micrometer. Het spectrale scheidend vermogen wordt bepaald door de maximale afstand die spiegel M_3 kan afleggen; in het voorbeeld is dat ongeveer 60 cm, een afstand waarover de spiegel met zeer goed gecontroleerde snelheid en een constante reflectierichting moet bewegen. Het scheidend vermogen is dan ongeveer 4×10^5.
In de jaren zeventig is met Michelson-interferometers het infrarode spectrum van de planeten Venus, Mars, Jupiter en Saturnus met grote precisie in kaart gebracht door P. Connes, één van de pioniers op dit nieuwe instrumentele gebied. Maar ook werden Michelson-interferometers gebouwd voor gebruik in het zichtbare golflengtegebied,

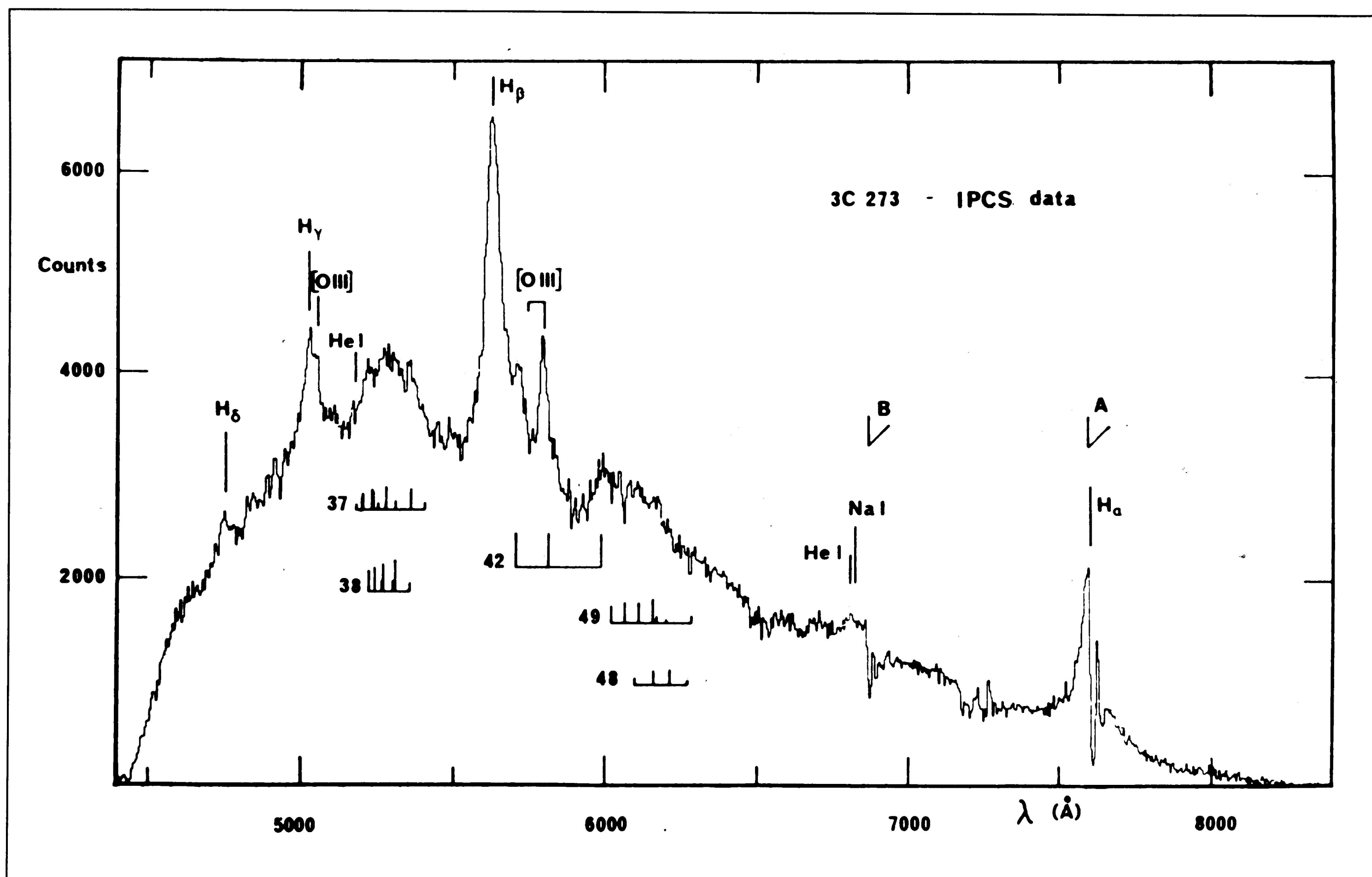


Fig. 13. Het spectrum van de quasar 3C273 opgenomen met een roosterspectrograaf en een IPCS van Boksenberg (1975) aan de Britse Isaac Newton-telescoop. Horizontaal staat het golflengtegebied van 4500 Å tot 8000 Å (450-800 nm); verticaal staat het aantal fotonen dat per spectraal punt geteld werd, nadat de achtergrondstraling van een nabijgelegen punt aan de hemel ervan afgetrokken was. Van de vele spectraallijnen vallen vooral de waterstof-emissielijnen op (zie ook tabel 2).

speciaal voor zonnewaarnemingen met zeer hoge spectrale resolutie.

De elektronografische camera

Een belangrijke ontwikkeling van de afgelopen dertig jaar was het beschikbaar komen van elektronische camera's, die ten opzichte van de oudere fotografische camera's het voordeel hebben van een veel grotere gevoeligheid met behoud van het tweedimensionale karakter van een beeld dat uit een zeer groot aantal individuele elementen bestaat. Dit voordeel weegt ruimschoots op tegen het nadeel van de hogere kosten en de ingewikkelder registratietechnieken, die dankzij moderne televisietechnieken en snelle computers redelijk efficiënt zijn.
Reeds in fig. 7 zagen we dat het spectrale beeld van de daar geschetste echellespectrograaf wordt geregistreerd door een elektronische, in dit geval een elektronografische camera. Hierbij wordt wel fotografisch materiaal gebruikt, maar het beeld wordt daar niet rechtstreeks op geprojecteerd: het beeld komt eerst terecht op een elektrode (een fotokathode), die in een vacuüm gezogen glazen buis is gemonteerd achter een lichtdoorlatend venster (zie fig. 10, midden boven). De elektronografische camera wordt ook wel Lallemand-camera genoemd naar de Franse uitvinder, die zijn eerste ideeën hierover reeds in 1936 bekend maakte, maar de eerste resultaten pas na een lange, moeizame arbeid in 1951 kon publiceren. In de Lallemand-camera worden elektronen, die door invallende fotonen uit de fotokathode worden vrijgemaakt, door een elektrostatisch veld versneld en gefocusseerd. De versnelde elektronen vormen een beeld in een dikke, zogenaamde nucleaire emulsie, waarin ze sporen trekken die na ontwikkeling als rijen van zilverkorrels zichtbaar zijn. De emulsie staat in principe in hetzelfde vacuüm opgesteld als de fotokathode en heeft voor het detecteren van versnelde elektronen een zeer hoog quantumrendement (bijna 100%; zie ook *Zenit*, juni 1983, p. 248) en een zeer groot dynamisch bereik (intensiteitsverhouding tussen zwakste en sterkste signaal op één opname) van wel 100 000. Ter vergelijking: een gewone fotografische emulsie heeft slechts een quantumrendement van enkele procenten en een dynamisch bereik van ongeveer 100. Gemiddeld zullen dus slechts enkele van elke 100 fotonen een zilverkorrel produceren, terwijl de intensiteitsverhouding tussen zwakste en sterkste signaal op één opname ten hoogste 100 is. Daar komt nog bij, dat het achtergrondniveau (dat is de 'sluier' bij een gewone foto) van de Lallemand-camera heel laag is en de gevoeligheid over het hele dynamisch bereik goed lineair, in tegenstelling tot de gewone fotografische plaat. De constructie van een Lallemand-camera is nogal ingewikkeld. Bij een eenvoudige constructie, waarbij kathode en emulsie beide in dezelfde ruimte zijn opgesteld, zouden de gassen die van de emulsie afkomstig zijn na enige tijd de kathode onbruikbaar kunnen maken. Dit probleem werd door Lallemand opgelost door de kathode in een aparte glazen capsule te monteren, die pas vlak voor het gebruik open wordt gebroken met behulp van een magnetisch bewogen hamer. Bovendien wordt de emulsie in een gekoelde plaathouder geplaatst, zodat de uitgassing minimaal is, terwijl in de nieuwste versies ook nog een 1 micrometer dik membraan wordt aangebracht ter afscheiding van de twee ruimtes; het membraan laat de versnelde elektronen goed door, maar houdt de gassen tegen. Andere versies van de camera hebben andere namen, zoals b.v. spectracon, en zijn ontwikkeld door Kron, McGee en Carruthers.
In fig. 11 zien we het grote dynamisch bereik van elektronografische opnamen geïllustreerd aan de hand van beelden van het bijzondere sterrenstelsel Arp 174. Op een gewone afdruk (fig. 11a) zien we vrijwel niets van de arm die uit het object wegloopt. Maar als we op het negatief van een elektronografische opname overal de zwarting opmeten en de resultaten met een computer weergeven, zien we tegelijkertijd het heldere object èn de veel zwakkere arm (fig. 11b.)

Afbeeldende fotonentellers

De laatste tien jaar is er steeds meer belangstelling gekomen voor afbeeldende, fotonentellende systemen, waarbij een televisiesysteem wordt gebruikt om elk foto-elektron en de plaats ervan in een tweedimensionaal beeld vast te leggen in een digitaal, integrerend geheugen. Hoewel een dergelijk systeem niet zo'n groot dynamisch bereik heeft als een elektronografische camera, zijn er de volgende voordelen aan verbonden: een vrijwel onbeperkte integratietijd, een geringe gevoeligheid voor achtergrondruis, en de mogelijkheid om individuele fotonen

spectraallijn	golflengte
Ca II (calcium K)	393,4 nm
CA II (calcium H)	396,9 nm
Hγ (waterstof)	434,0 nm
Hβ (waterstof)	486,1 nm
Na-D (natrium)	589,6 en 589,0 nm
Hα (waterstof)	656,2 nm

Tabel 2. Enkele belangrijke spectraallijnen.

te tellen en daardoor zeer zwakke objecten waar te nemen. Bovendien kan het ontstane beeld reeds tijdens de opname bekeken worden om een indruk te krijgen over de kwaliteit en de noodzakelijke totale belichtingstijd.
Een *Imaging-Photon-Counting-System* (IPCS), zoals door Boksenberg in de jaren zeventig werd ontwikkeld, is weergegeven in fig. 12. Het systeem bestaat uit twee trappen: een vier-traps beeldversterkerbuis en een televisiecamera. De beeldversterker bevat een fotokathode die samenvalt met het beeld van de telescoop of de spectrograaf. De door fotonen losgemaakte elektronen worden door een gelijkmatig elektrisch veld versneld en tegelijkertijd door een magnetisch veld gefocusseerd op een anode, die met een fosforlaag bedekt is. Het oplichtende fosforscherm wordt met een lens afgebeeld op een televisie-opneembuis, zoals bijvoorbeeld een plumbicon. Het televisiesysteem is uitgerust met een zgn. discriminatiesysteem, dat er voor zorgt dat alle sterke pulsen (die van fotonen afkomstig zijn) worden doorgelaten, maar de zwakke pulsen (die overeenkomen met ruis of achtergrond van het systeem) worden onderdrukt. De doorgelaten pulsen zijn dus echte fotonen en worden doorgegeven naar een digitaal geheugen, dat tijdens het belichten als controle kan worden uitgelezen. Het IPCS wordt met veel succes gebruikt in combinatie met spectrometers om de spectra van zeer zwakke objecten waar te nemen. Daarbij wordt dan vrijwel altijd gecorrigeerd voor dat gedeelte van het spectrum dat afkomstig is van de hemelachtergrond door na het waarnemen van het object ook nog eens een waarneming naast het object te doen. Deze twee spectra kunnen dan van elkaar afgetrokken worden, waardoor objecten kunnen worden waargenomen, die veel zwakker zijn dan het gemiddelde intensiteitsniveau van de hemelachtergrond. Je zou kunnen zeggen dat een IPCS door de mist heen kan kijken! Fig. 13 toont een IPCS-waarneming van de quasar 3C273.
De grote vooruitgang die in de nabije toekomst is te verwachten van de Space Telescope ligt niet zozeer in de vermindering van de invloed van de hemelachtergrondstraling, maar vooral in de hoge ruimtelijke resolutie. Met een IPCS kan de invloed van de hemelachtergrondstraling voor een groot deel worden geëlimineerd. Het zal dan ook nauwelijks verwonderlijk zijn dat zo'n IPCS als detector mee omhoog gaat met de Space Telescope om een maximum winst in resolutie en gevoeligheid te behalen. De nabije toekomst zal ons leren hoeveel verder we kunnen komen.

Abonnement Zenit 1984

Met ingang van 1 januari 1984 is de situatie ten opzichte van 1983 gewijzigd. Allereerst is de abonnementsprijs met *f* 2,50 verhoogd ten opzichte van 1983. Bovendien kan men via Zenit nu ook donateur zijn van de Landelijk Samenwerkende Volkssterrenwachten (LSV). De nieuwe situatie ingaande 1 januari 1984 is daarmee als volgt:

1. **Men is NVWS lid-abonnee (= landelijk lid) voor f 65,–** (hiervan is *f* 10,– voor de NVWS). Men ontvangt Zenit en men heeft recht op het minimum-pakket van een plaatselijke afdeling van de NVWS, d.w.z. men krijgt uitnodigingen voor en heeft toegang tot lezingen en andere afdelingsbijeenkomsten. Bovendien krijgt men reductie op de winkelprijs van de Sterrengids.
2. De tweede mogelijkheid is dat men via Zenit **donateur is van de Volkssterrenwacht Simon Stevin voor f 60,–** (hiervan is *f* 5,– voor de volkssterrenwacht). Men ontvangt dan Zenit, men krijgt een kleine korting op de entreeprijs van de volkssterrenwacht en men heeft eveneens recht op korting op de winkelprijs van de Sterrengids.
3. De derde mogelijkheid is dat men via Zenit **donateur is van de vereniging Landelijk Samenwerkende Volkssterrenwachten (LSV) voor f 60,–** (hiervan is *f* 5,– voor de LSV).

Thans zijn lid van de LSV de volkssterrenwachten 'Bussloo' te Voorst, 'Drenthe' te Emmercompascuüm, 'Hercules' te Heerlen, 'Philippus Lansbergen' te Middelburg, 'Rijswijk' te Rijswijk (ZH), 'Twente' te Denekamp, 'Vesta' te Oostzaan, 'Saturnus' te Heerhugowaard en 'Phoenix' te Lochem.
De donatie komt ten goede aan de volkssterrenwacht van uw keuze. Als abonnee van Zenit heeft men ook nu weer recht op korting op de winkelprijs van de Sterrengids.
Een combinatie van lidmaatschap NVWS + donateurschap Volkssterrenwacht Simon Stevin + donateurschap LSV is natuurlijk ook mogelijk. Dan worden de minimale bedragen:
– Abonnement Zenit + donatie Vstw. Simon Stevin + donatie LSV *f* 65,–
– Abonnement Zenit + lidmaatschap NVWS + donatie Vstw. Simon Stevin *f* 70,–
– Abonnement Zenit + lidmaatschap NVWS + donatie LSV *f* 70,–
– Abonnement Zenit + lidmaatschap NVWS + donatie Vstw. Simon Stevin + donatie LSV *f* 75,–

In december 1983 ontvangt u de acceptgirokaart voor de voortzetting van het abonnement op Zenit. U kunt daar tevens de contributie voor de NVWS en/of de donatie voor de Volkssterrenwacht Simon Stevin en/of de donatie voor de LSV mee voldoen.
(Administratie Stichting 'De Koepel').



Sally Ride in Nederland:

'Zo vaak vliegen als maar kan'



Fig. 2. Sally Ride slapend (?) aan boord van de Challenger. 'Hoe minder je vastgeriemd zit bij het slapen, hoe beter het is,' vertelde zij. 'Uiteindelijk vonden we allemaal dat je beter zonder slaapzak kunt slapen, zomaar ergens. Ook aan een deken hadden we geen behoefte.' (Foto: NASA)

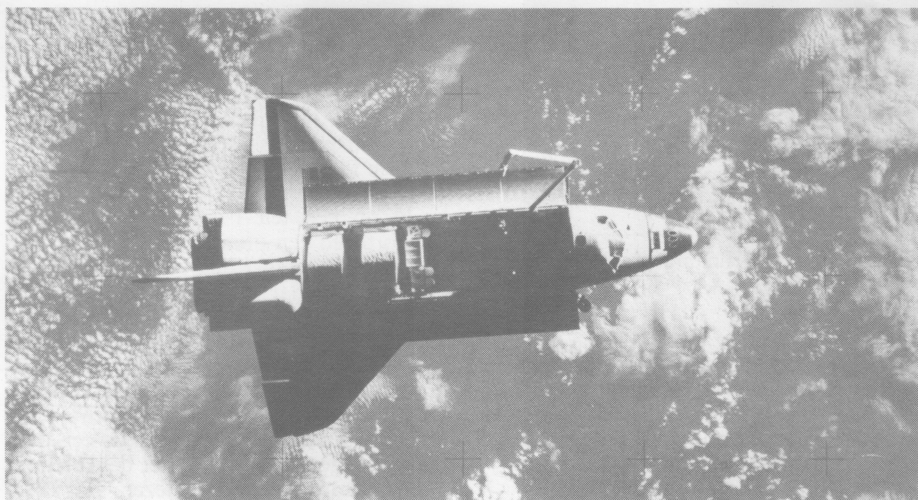


Fig. 1. Tijdens de zevende Space Shuttle-vlucht werden vanaf de Duitse SPAS-satelliet voor het eerst foto's gemaakt van de Shuttle zwevend boven de aarde. Speciaal voor de foto is de manipulatorarm in de vorm van het cijfer 7 gemanoeuvreerd! (Foto: NASA)

'Mijn persoonlijke plannen zijn bij NASA in dienst te blijven, betrokken te blijven bij het Space Shuttle-programma en zo vaak in de Space Shuttle te vliegen als ze maar willen toestaan.'
Aldus dr. Sally Ride (31), astrofysicus en Amerika's eerste ruimtevrouw. Eind september bezocht zij, samen met haar collega Frederick Hauck (42), ons land. In het gezelschap van Hauck en nog drie andere astronauten maakte Sally in juni 1983 de zevende Shuttle-vlucht. In Nederland brachten Sally Ride en Fred Hauck een bezoek aan het Europese ruimtevaartcentrum ESTEC in Noordwijk en werden zij ontvangen door Koningin Beatrix en Prins Claus. In het Zeiss Planetarium Amsterdam hielden zij op woensdag 28 september een persconferentie. In aansluiting daarop vertelden de twee astronauten in de grote koepelzaal van het Planetarium iets over hun ruimtevlucht aan de hand van dia- en videobeelden. Ook hier werden zij door de ca. 200 aanwezigen met allerlei vragen bestookt. 'Hoe slaap je in de ruimte?', 'Hoeveel privacy heb je daarboven in de Space Shuttle?', enz. Ongetwijfeld vragen die al honderden malen waren gesteld, maar met een stralende glimlach en een ontwapenende charme stond Sally Ride alle vragenstellers te woord, terwijl de wat oudere Frederick Hauck in zijn antwoorden ook een flinke dosis humor ten toon spreidde. De zeer geslaagde middag werd afgesloten met de uitwisseling van cadeautjes: Ride en Hauck kregen van het Zeiss Planetarium Amsterdam en van het NIVR (Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart) beiden een fraai boek over Hollandse schilderkunst (weer eens wat anders . . .), en aan drs. G. C. Berlijn, de directeur van het Planetarium, werd een schitterende foto van de Space Shuttle boven de aarde aangeboden.
Sally Ride is al sinds haar jeugd geïnteresseerd in sterrenkunde en ruimtevaart. Op de vraag 'Hoe ervaarde u (op 17-jarige leeftijd) de eerste stap op de maan van Neil Armstrong?' antwoordde Sally dat ze op dat moment op de tennisbaan stond en dat ze zich toen met geen mogelijkheid had kunnen voorstellen dat ze veertien jaar later zelf boven de dampkring van de aarde zou vliegen!

Hoe zij en haar collega Fred Hauck de zevende Shuttle-vlucht ervaarden mag blijken uit een vraaggesprek dat de ruimtevaartjournalist Piet Smolders direct na hun aankomst op Schiphol met hen had, en waarvan hier een deel wordt weergegeven.

Dr. Ride, in 1977 nam u een soort go-no-go beslissing om een carrière in de ruimte na te streven. Wat maakt de ruimte en de ruimtevaart zo aantrekkelijk voor u?
Sally Ride: Wel, ik ben er niet zeker van . . het was in ieder geval iets dat ik al een paar jaar had willen doen en het was een terrein waarop ik me al bewoog, zij het dan als onderzoeker. Ik werkte als astrofysicus op dat moment. En toen de kans kwam werkelijk de ruimte in te gaan en daar wat onderzoek te doen greep ik die aan.

Mr. Hauck, voor u en dr. Ride was het de eerste lancering. Samen met Bob Crippen bestuurde u de Shuttle. Waar ik altijd van opkijk is het gebruikelijke commentaar op de lancering: 'Net als tijdens de simulatie.' Is er niet meer opwinding aan?
Frederick Hauck: Natuurlijk is het opwindend, en ik zou liegen als ik zei dat m'n hartslag niet hoger was tijdens de start! Maar onze simulatoren zijn erg goed: ze tonen ons wat we zullen zien in de cockpit en simuleren de bewegingen van de Shuttle gedurende de lancering en het in een baan komen. Dus in dat opzicht was het niet verrassend. En bovendien hadden we natuurlijk de verhalen van onze collega's die al eens omhoog geweest waren.

Fig. 3. Sally Ride en Frederick Hauck bieden een grote Space Shuttle-foto aan aan drs. G. C. Berlijn (links), directeur van het Zeiss Planetarium Amsterdam. (Foto: Rob Walrecht)



Dr. Ride, het was niet alleen uw eerste vlucht, maar u moest vrijwel onmiddellijk aan het werk. Hoe voelde u zich? Waren er symptomen van ruimteziekte en was uw reactie op welke manier dan ook verschillend van die van de mannen?
Sally Ride: Iets dat we vonden was dat mijn reactie in geen enkel opzicht verschilde van die van de mannen en eigenlijk was dat voor niemand een verrassing. We hadden geen aanwijzingen dat er iets was dat specifiek was voor de sexe wat ruimtevluchten en hun effect op het lichaam betreft. In hoeverre iemand van ons ruimteziek werd is iets waarvan NASA heeft gezegd dat het tussen ons en onze artsen blijft, dus daar praten we niet over. Maar er is een periode van adaptie gedurende de eerste twee of drie uur. Je moet dan gewend raken aan het werken met je lichaam in gewichtloosheid, leren je te bewegen en dingen te doen die op de grond erg simpel zijn. In een baan om de aarde, als je voor het eerst gewichtloos bent, zijn ze lang niet zo eenvoudig en kosten ze veel meer tijd.

Wat er ondermeer moest gebeuren was het lanceren van twee communicatiekunstmanen vanuit het vrachtruim van de Shuttle. Is dat een moeilijke operatie?
Sally Ride: Net als de lanceringen oefenen we ook het uitzetten van satellieten steeds opnieuw. Gedurende een heel jaar voor de vlucht zijn we daar mee bezig geweest. En tenslotte hadden we het zo vaak geoefend dat het heel gemakkelijk voor ons was geworden. En dus vonden we dat het in een baan om de aarde prima verliep, net als bij de simulaties . . . ofschoon het uitzicht veel beter is en het veel leuker is eén satelliet uit te zetten terwijl je rondzweeft dan het staande op de grond te doen. Het was werkelijk geen moeilijke operatie.

Een van de dingen die u moest doen was het uitvoeren van elektroforese-experimenten op het gebied van het maken van medicijnen in de ruimte. Er is sprake van dat in de niet al te verre toekomst in kleine ruimtefabriekjes medicijnen geproduceerd gaan worden. Is dat volgens u een veelbelovend terrein?
Sally Ride: Ik denk dat het inderdaad veelbelovend is. De bedrijven waarvan de experimenten afkomstig waren, zijn zeer tevreden over de resultaten van onze vlucht en van drie eerdere vluchten waarbij datzelfde experiment werd gevolgd. Zij hebben het plan binnen een jaar of twee een satelliet te lanceren aan boord waarvan ze werkelijk medicijnen hopen te produceren die gebruikt zullen worden bij klinisch onderzoek en mogelijk in ziekenhuizen – en dat nog binnen dit decennium.

Een van de problemen waarmee je te maken krijgt gedurende een ruimtevlucht is dat je lichaam wat dreigt te verzwakken. Hoe houdt u zich in vorm in een baan om de aarde?
Sally Ride (lachend): Wel, een van de leuke aspecten van ruimtevaart is dat het ruimtemilieu zo weldadig is. Het is erg gemakkelijk om je te bewegen; er is geen stress. Maar iets wat we beslist doen om ervoor te zorgen dat onze spieren niet teveel achteruit gaan en we geschikt blijven voor terugkeer op aarde is het lopen op een 'lopende band' of tredmolen. We proberen dat elke dag voor vijftien of twintig minuten te doen en dat is genoeg.

Mr. Hauck, het was de eerste keer dat er vijf mensen in de Shuttle vlogen, inclusief één vrouw. Hoe is het met de privacy gesteld in die nogal beperkte ruimte van de Shuttle-cabine?
Frederick Hauck: Interessant is dat we voor de lancering dachten dat er heel weinig mogelijkheden voor privacy zouden zijn. Maar het bleek dat er twee 'hoeken' in de Shuttle zijn waar je je goed kunt terugtrekken. Een ervan is de luchtsluis, waar we normaal onze ruimtepakken aantrekken als we een ruimtewandeling gaan maken. Die sluis gebruiken we als we bijvoorbeeld van kleding wilden wisselen. En bij onze toiletruimte zijn schermen die je aan kunt brengen, zodat je daar ook wat privacy hebt. Dus ik denk dat we ontdekt hebben – is het niet, Sally? – dat we zoveel privacy hadden als we meenden nodig te hebben.

Bij deze vlucht werden de eerste prachtige foto's gemaakt van de Space Shuttle, zwevend boven de aarde. Ze werden gemaakt vanaf de Duitse SPAS-satelliet, die met behulp van de Shuttle-arm in de ruimte werd uitgezet en later door u persoonlijk weer werd opgepikt met die arm. Is dat moeilijk om te doen?
Sally Ride: Opnieuw: we hebben dit zo vaak geoefend dat het tijdens de vlucht niet moeilijk was. Maar er komt veel training en oefening bij kijken. Als je dat eenmaal achter de rug hebt . . . wel, de manipulatormarm deed het prima, de satelliet werkte uitstekend en de Space Shuttle was blijkbaar zo goed manoeuvreerbaar, zoals Rick ontdekte, dat de hele job plezierig gemakkelijk was.

Je zou verwachten dat op het moment dat je de satelliet aanraakt met de arm om hem binnen te halen, dat ding van je weg drijft . . .
Sally Ride: Wel, we proberen hem niet aan te raken. Aan het eind van de arm zit een manchet die leeg is en we proberen die over een stift aan de satelliet te schuiven zonder dat die twee elkaar aanraken. Vervolgens sluiten enkele klampen zich om de stift. Dus we botsen nooit met de arm tegen de satelliet.

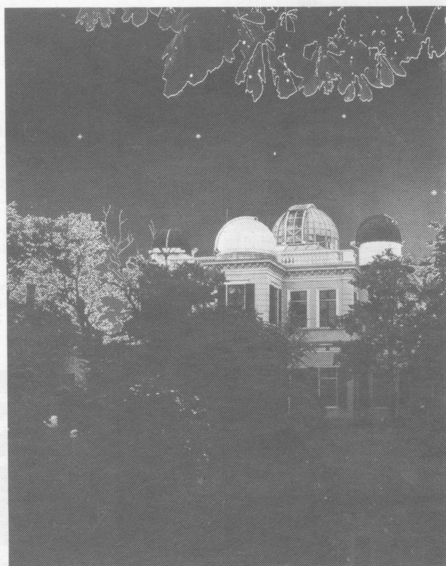
Ofschoon de eerste (Sovjet-)vrouw twintig jaar geleden gelanceerd werd, hebben we tot nu toe maar drie vrouwen in de ruimte gezien. Denkt u dat de rol van de vrouw in de ruimte groter gaat worden?
Sally Ride: Er zijn nu acht vrouwen in ons astronautencorps en ik verwacht dat die binnen de komende anderhalf jaar of zo allemaal in de Shuttle hebben gevlogen. Er zijn nu drie collega's van mij die al vluchten aangewezen hebben gekregen. Een van hen, dr. Anna Fischer, zal laat in de volgende zomer met Rick (Hauck) gaan vliegen. Judy Resnik is aangewezen voor vlucht nummer twaalf en Rhea Seddon voor vlucht nummer 14. Dus de Verenigde Staten gaan wel degelijk door met het lanceren van vrouwen in de Space Shuttle.

interview: Piet Smolders

---

350 jaar Leidse Sterrewacht

De Leidse Sterrewacht bestaat 350 jaar! Dit wordt van 15 t/m 20 november gevierd met een Open Huis en een tentoonstelling over de rijke geschiedenis van deze sterrewacht.
In 1633 werd op het dak van het hoofdgebouw van de Leidse universiteit een platform gebouwd om het eerste instrument van de sterrewacht, een groot kwadrant, een plaatsje te geven. In de loop der tijden werd het platform vergroot en kwamen er draaibare koepeltjes op te staan, maar in het begin van de 19e eeuw was de behuizing toch te klein geworden om aan de nieuwe eisen te voldoen. Na een periode van plannen maken werd besloten om een geheel nieuwe sterrewacht te bouwen op een van de oude vestingwerken van Leiden. In 1861 kwam dit mooie gebouw gereed en bloeide de Leidse sterrenkunde sterk op; de basis werd gelegd voor het huidige moderne onderzoek.
De tentoonstelling geeft aan de hand van historische prenten en foto's een duidelijk overzicht van 350 jaar sterrenkunde in Leiden. Bovendien wordt door middel van een diaserie een indruk gegeven van het astronomische onderzoek dat nu op de sterrewacht verricht wordt. 350 jaar geleden had de eerste telescoop nog maar net zijn intrede in de sterrenkunde gedaan, maar nu gebruiken de sterrenkundigen de meest moderne apparatuur om hun nieuwe, vaak opzienbarende, waarnemingen te verrichten.



Tijdens de tentoonstelling is de Sterrewacht opengesteld en krijgt iedereen de gelegenheid om door de Leidse telescopen een blik op de hemel te werpen. Wie raakt niet onder de indruk van de bergen op de maan en van het spel van licht en donker langs de maankraters?!
Ter gelegenheid van het 350-jarig bestaan is een boek verschenen dat tijdens tentoonstelling en Open Huis op de Sterrewacht verkrijgbaar is. Daarna ligt het in de boekhandel.
Het adres van de sterrewacht is: *Leidse Sterrewacht, Sterrewachtlaan-Kaiserstraat, Leiden. Open Huis en tentoonstelling zijn geopend van dinsdag 15 t/m zondag 20 november, dagelijks van 11 tot 21 uur (bij heldere hemel tot later in de avond). Toegang f 2,50; jongeren f 1,–.*

W. Bijleveld

Portret van een prijswinnaar



Aan dr. Jan van Paradijs van het Sterrenkundig Instituut van de Universiteit van Amsterdam is de Pastoor Schmeitsprijs 1983 toegekend. Deze prijs, ingesteld in 1980 uit de nalatenschap van de Limburgse pastoor Schmeits, wordt eens per drie jaar uitgereikt aan een Nederlands sterrenkundige die niet ouder is dan 40 jaar, en die wetenschappelijk werk van uitzonderlijke kwaliteit heeft geleverd. Van Paradijs krijgt de prijs wegens zijn grote bijdragen geleverd aan het onderzoek van röntgensterren.

Jan van Paradijs werd geboren op 9 juni 1946 te Haarlem en studeerde van 1963 tot 1970 sterrenkunde en wis- en natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam. In 1975 promoveerde hij aan deze universiteit tot doctor, bij de lector dr. D. Koelbloed, op een proefschrift getiteld *Studies of line spectra of G- and K- type stars.* Hij is sinds 1970 wetenschappelijk medewerker aan de Universiteit van Amsterdam, sinds 1979 in de rang van hoofdmedewerker.

Van 1977 tot 1979 verbleef hij gedurende twee jaar als 'visiting scientist' in het *Center for Space Research* aan het *Massachusetts Institute of Technology* (M.I.T.). Hij heeft op vele internationale wetenschappelijke scholen gedoceerd, o.a. in Frankrijk en de Verenigde Staten. Tot 1975 betrof zijn werk vooral onderzoek van de atmosferische structuur van koele sterren. Ondermeer toonde hij aan dat in de atmosferen van pulserende sterren van het Cepheïde-type sterke fase-afhankelijke turbulentie voorkomt. Vanaf 1975 legde hij zich toe op het onderzoek van röntgenbronnen in het Melkwegstelsel en de Magelhaense Wolken. Een belangrijk resultaat was de eerste nauwkeurige bepaling van de massa van een neutronenster in 1976/1977.

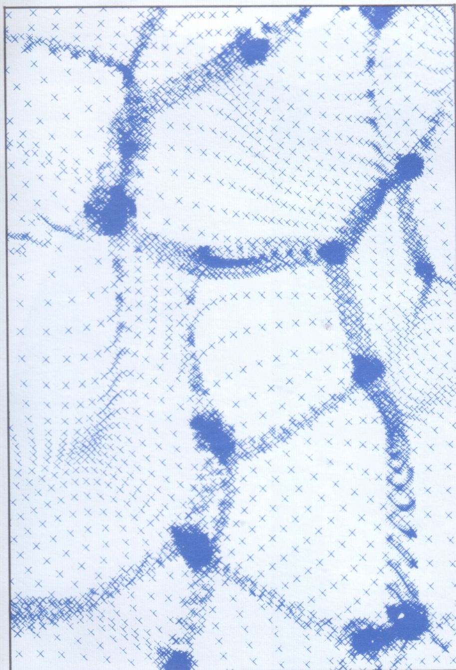
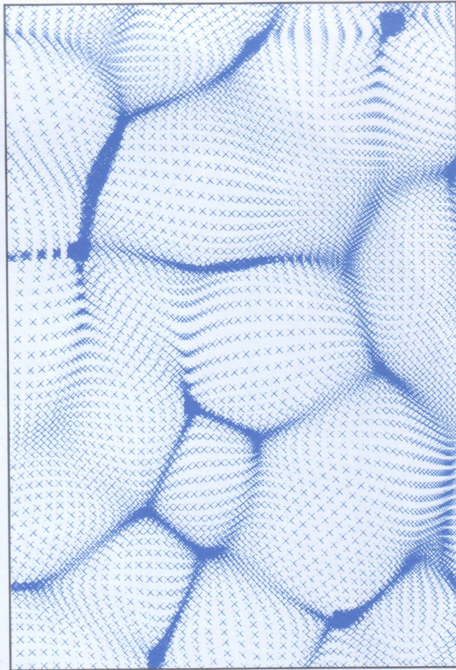
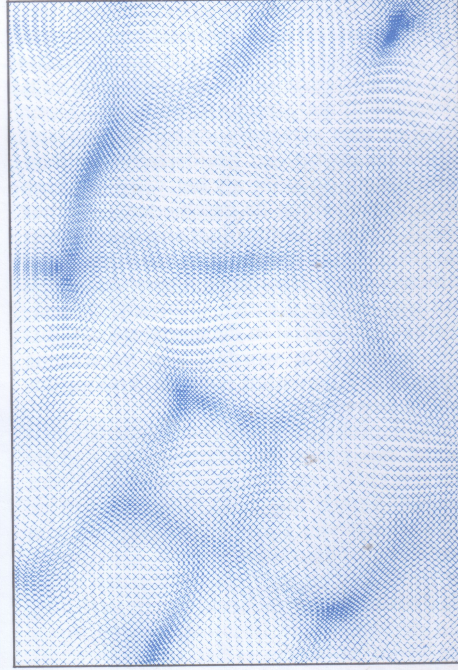
Van Paradijs leidde het team van onderzoekers van de universiteiten van Amsterdam en Brussel die de baan van de optische ster in het röntgen-dubbelstersysteem Vela X-1 bepaalde. Tezamen met de baan van de röntgencomponent, die door onderzoekers van het M.I.T. werd bepaald, leverde dit de massa's van beide sterren in het stelsel. Van Paradijs leverde ook bijdragen tot de bepaling van de massa's van nog een aantal neutronensterren.

Zijn meest bekende werk betreft echter de studie van de zgn. röntgen-bursters (zie ook *Zenit* **8**, p. 197, mei 1981). Deze bronnen, die gedurende korte tijd (enkele tientallen seconden) zeer sterke uitbarstingen van röntgenstralen leveren, werden in 1975 ontdekt met behulp van de Astronomische Nederlandse Satelliet (ANS). Van Paradijs ontdekte in 1978 bij de studie van de röntgenstraling van een tiental bursters in de buurt van het Melkweg-centrum, dat deze bronnen precies zo stralen zoals men zou verwachten voor hete gasbollen met een diameter van slechts 14 kilometer, d.w.z.: een waarde die typerend is voor een neutronenster. Iets later ontdekte hij dat de zichtbare ster die op de plaats van de röntgen-burster Centaurus X-4 staat, en die als een hete blauwe ster uitziet wanneer de röntgenbron *aan* is, het spectrum van een koele G- of K-dwerg heeft (net als de zon) wanneer de röntgenbron *uit* is. (Behalve de bursts zenden deze bronnen ook een min of meer constante hoeveelheid röntgenstraling uit; deze röntgenstraling kan soms een tijdlang uitgaan). Tezamen met het feit dat deze bronnen een optische flits geven die enkele seconden achterloopt op de röntgenflits, leidde dit tot de conclusie dat de röntgenbursters neutronensterren zijn die zich in nauwe dubbelsterren bevinden, met een G- of K-dwerg als begeleider. De blauwe kleur als de röntgenbron aan is, alsmede de lichtflits zijn hierbij het gevolg van verhitting van deze dwergster door de röntgenstraling. Dit neutronster-dubbelstermodel voor bursters is nu algemeen aanvaard. Tot 1978/79 had men aangenomen dat het hier om zwarte gaten zou gaan.

De ontdekking van neutronensterren in deze oudste stersystemen van het Melkwegstelsel (meer dan 10 miljard jaar oud) kwam onverwacht, en Van Paradijs leverde hiertoe doorslaggevende bijdragen.

Hij is een zeer productief wetenschappelijk onderzoeker en heeft thans meer dan 90 wetenschappelijke publicaties in internationale tijdschriften op zijn naam staan. Graag wensen we hem geluk met de toekenning van de Pastoor Schmeitsprijs.

E. P. J. van den Heuvel

De kosmos op een beeldscherm

Adrian L. Melott van de Universiteit van Pittsburgh bedrijft kosmologie met een computer. Uitgaande van een gelijkmatige verdeling van testdeeltjes waarin zeer kleine verstoringen worden aangebracht, simuleert hij de geschiedenis van het heelal als geheel. Nu ook sterrenkundigen de beschikking hebben over supersnelle computers (in



dit geval de befaamde Cray-1, een van de snelste computers ter wereld) kunnen gedetailleerde simulaties van bewegende deeltjes worden uitgevoerd. Melott gebruikt daarbij ca. één miljoen (!) testdeeltjes, die in feite allemaal grote hoeveelheden materie voorstellen (nog groter dan individuele sterrenstelsels). Uitgaande van een zeer licht verstoorde situatie in het verre, verre verleden, wordt in kleine stapjes de huidige toestand van zo'n model-heelal berekend. Bij elk stapje worden uit de onderlinge posities van alle testdeeltjes de snelheidsveranderingen berekend, die het gevolg zijn van de onderlinge aantrekkingskrachten tussen alle deeltjes. Zelfs voor een snelle computer als de Cray-1 neemt zo'n simulatie nog enkele uren in beslag!

Een twee-dimensionale simulatie vertoont al opvallende gelijkenis met het heelal zoals wij dat nu kennen: de materie blijkt zich in

▲ *Fig. 1. Drie beelden uit de tweedimensionale simulatie. We zien de materieverdeling in het model-heelal toen het heelal 1/8 van de huidige grootte had (links), 1/3 van de huidige grootte (midden) en de huidige situatie (rechts). Materie lijkt weggedrukt te worden in filamentachtige structuren, en vervolgens lijken de testdeeltjes naar knooppunten te bewegen.*

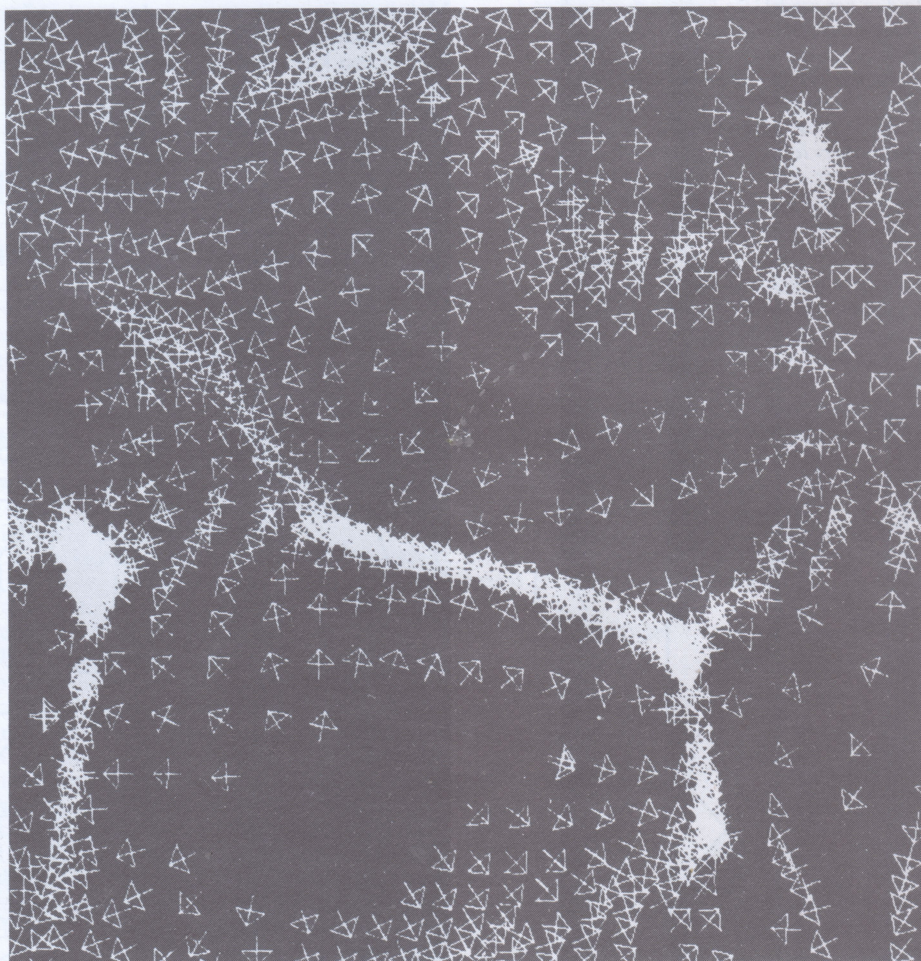


Fig. 2. Een doorsnede van een situatie uit de driedimensionale simulatie. De pijltjes geven de bewegingsrichting van de testdeeltjes aan. Deze doorsnede vertoont veel overeenkomsten met de beelden uit de tweedimensionale situatie.

slierten of filamenten te gaan ophopen, terwijl de ruimte ertussen relatief leeg blijft (zie fig. 1). Al enige tijd is bekend dat de verdeling van sterrenstelsels in het heelal ook zo'n filamentachtige structuur vertoont. Door situaties voor verschillende tijdstippen snel achter elkaar op een beeldscherm te laten verschijnen, ontstaat als het ware een zeer versnelde film van de geschiedenis van het heelal. Volgens Melott doet zijn simulatie in dat geval niet zo zeer denken aan materie die samenklontert, maar krijg je meer de indruk van lege ruimte die zich uitbreidt: de testdeeltjes lijken eerst in de slierterige structuren 'gedrukt' te worden, om vervolgens langs deze filamenten naar de 'knooppunten' te bewegen.
Vanzelfsprekend is een tweedimensionaal model maar een ruwe benadering van de werkelijkheid, en Melott is dan ook verder gegaan. Samen met Joan Centrella van de Universiteit van Illinois voert hij ook een driedimensionale simulatie uit. De computer heeft daarbij voor elk tijdstip een volledig driedimensionaal beeld van de verdeling van de testdeeltjes in zijn geheugen, maar een groot probleem is het aanschouwelijk maken daarvan. Er kan gekozen worden voor het afbeelden van 'doorsnedes' door zo'n driedimensionaal model. Het blijkt dat deze doorsnedes zeer veel overeenkomst vertonen met de tweedimensionale simulaties (fig. 2). Hieruit mag worden afgeleid dat de tweedimensionale simulatie een goede afspiegeling vormt van de driedimensionale.
Melott en Centrella weten echter ook driedimensionale beelden tevoorschijn te toveren: in een kubusvormige uitsnede van het model tekent de computer in perspectivisch aanzicht de verdeling van de dichtheidsprofielen van de testdeeltjes. Daarbij kan gekozen worden voor verschillende isodensiteitslijnen (lijnen van gelijke dichtheid) en voor verschillende aanzichten van de kubus. Ook in de driedimensionale modellen lijkt de lege ruimte zich in de loop van de tijd uit te breiden, waarbij de materie als het ware wordt weggezogen in filamenten en knooppunten (fig 3).
Een derde manier om de driedimensionale simulatie aanschouwelijk te maken is de computer te vragen een blik van binnenuit te verzorgen: hoe ziet een waarnemer in het model-heelal de verdeling van materie om hem heen? Ook deze aanblik vertoont een verrassende overeenkomst met de verdeling van sterrenstelsels zoals wij die vanaf aarde aan de sterrenhemel zien (fig. 4).
Overigens is over die filamentachtige structuur het laatste woord nog niet gezegd. Mis-

Fig. 4a

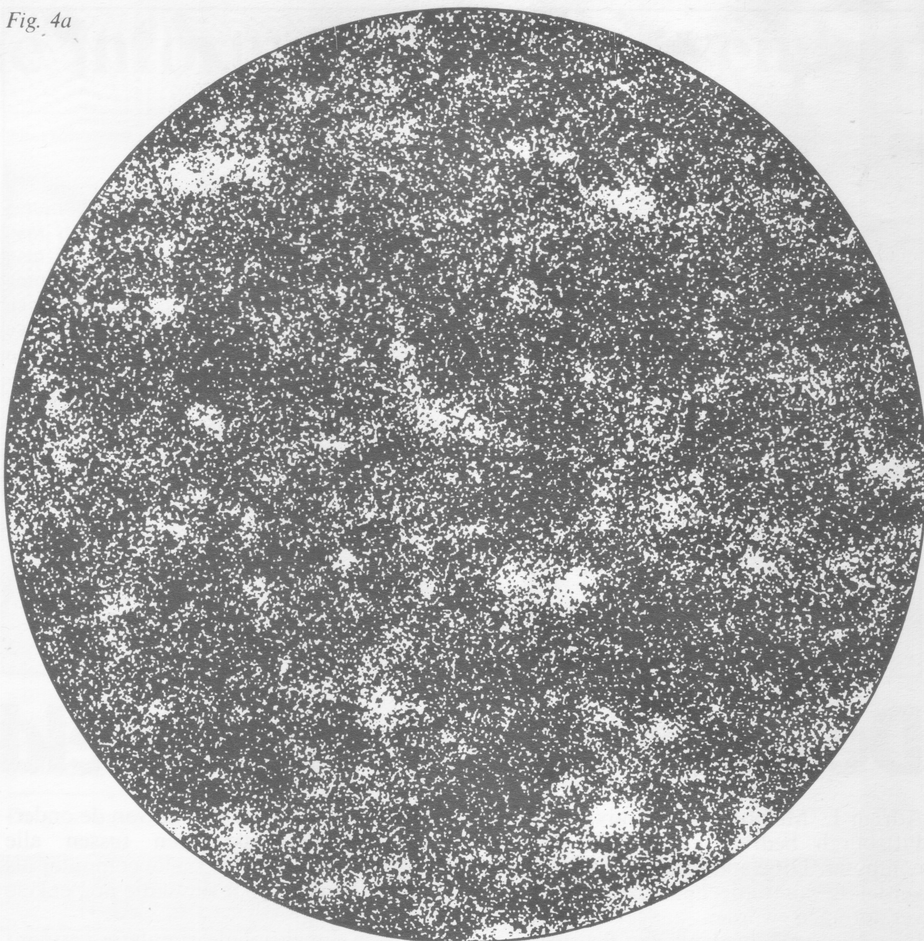
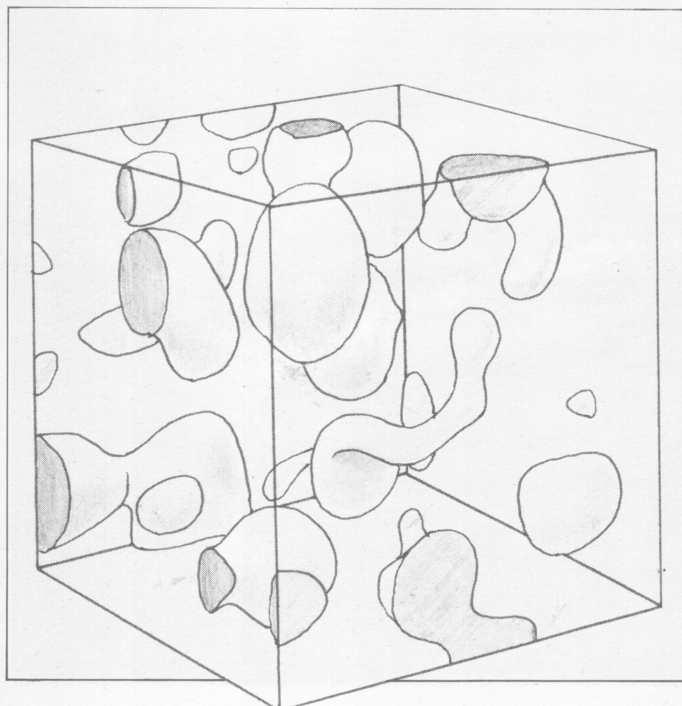


Fig. 3. Twee driedimensionale beelden uit de computersimulatie van Melott en Centrella. In een kubusvormige uitsnede van het model-heelal heeft men de computer lijnen van gelijke deeltjesdichtheid laten trekken. We zien hier gebieden aangegeven waarbinnen de dichtheid kleiner is dan de helft van de gemiddelde dichtheid in het model. De linker tekening laat de situatie zien toen het heelal 1/8 van de huidige grootte had; de rechter tekening bij 1/5 van de huidige grootte. Doordat hier gekozen is voor het weergeven van relatief lege gebieden, is duidelijk het effect van de zich uitbreidende lege ruimtes te zien. Met even veel gemak kan de computer ook de verdeling tonen van gebieden waarbinnen de dichtheid groter is dan twee maal de gemiddelde dichtheid in het model. ▼



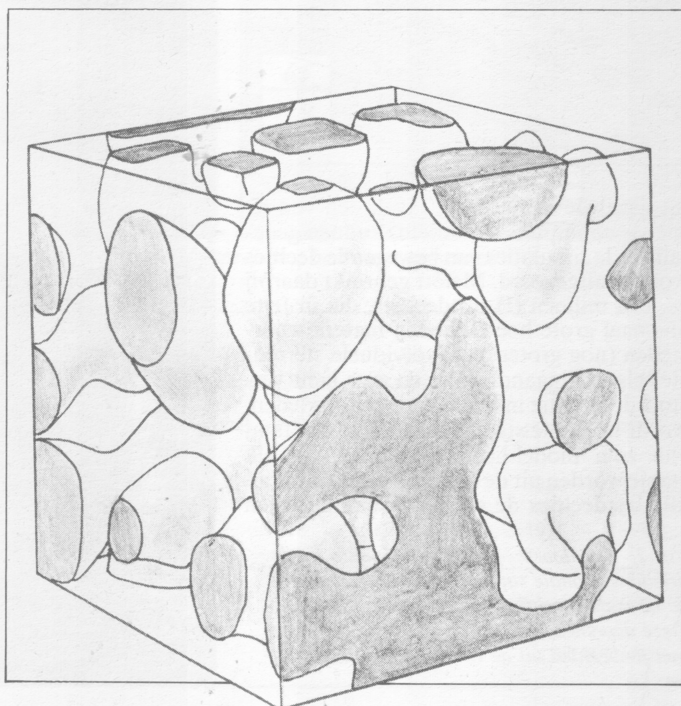
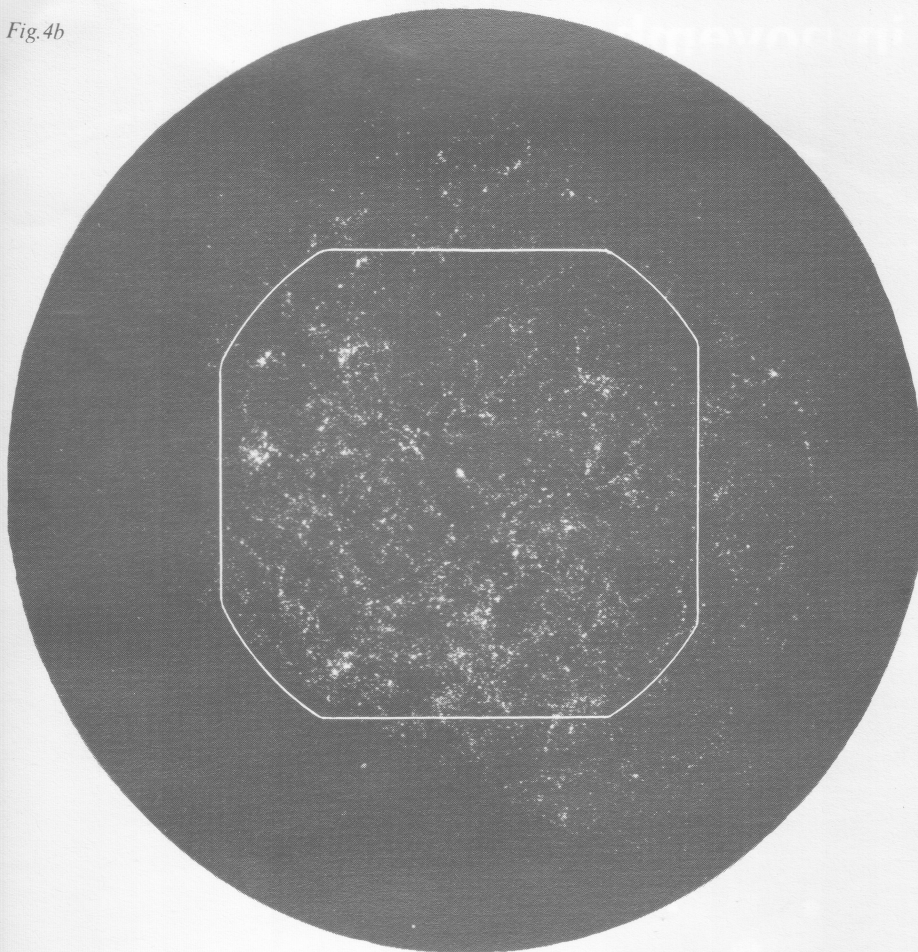


Fig.4b



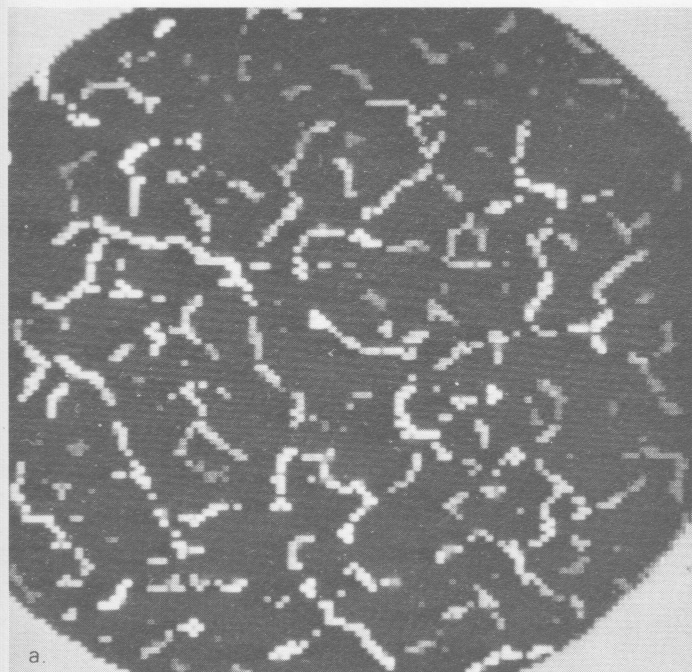
◀ *Fig. 4. Links zien we hoe een denkbeeldige waarnemer midden in het driedimensionale model-heelal de verdeling van materie om hem heen zou zien. Rechts de 'werkelijke' situatie: de verdeling van sterrenstelsels aan de hemel, gezien vanaf de aarde. De overeenkomst tussen model en werkelijkheid is frappant.*
In de rechter figuur is (bij benadering) de uitsnede van fig. 5a aangegeven.

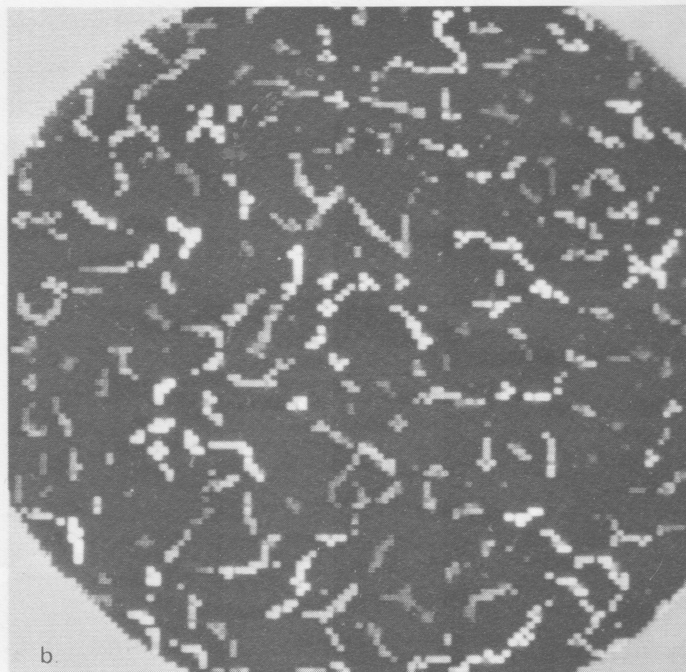
schien zijn de sterrenstelsels echt willekeurig in het heelal verdeeld, en zien wij alleen filamenten omdat het menselijk oog graag patronen ontdekt. Drie astronomen van de Amerikaanse Princeton-universiteit, J. E. Moody, E. L. Turner en J. R. Gott, hebben geprobeerd hierop het antwoord te vinden met een ander soort computersimulatie. Zij ontwikkelden een computerprogramma dat het menselijk oog nauwgezet imiteert waar het patroonherkenning betreft. Dat dit programma goed werkt blijkt uit fig. 5a, waarin het binnenste deel van fig. 4b door de computer is 'bekeken'. De computerkaart van fig. 5a laat inderdaad juist díe structuren zien die wij als filamenten menen te herkennen. Vervolgens lieten Moody, Turner en Gott hun computer ook kijken naar een 'model-heelal', waarin géén filamenten voorkomen, maar waarin de sterrenstelsels willekeurig in groepen, clusters en superclusters zijn gegroepeerd. Het resultaat is te zien in fig. 5b: ook in dit geval worden filamenten gezien! Er is dus in het geheel nog geen duidelijkheid over de realiteit van deze filamenten. De computersimulaties van Melott en Centrella wijzen wèl op het ontstaan van filamenten, en het moet ook gezegd worden dat de structuren in fig. 5a (het echte heelal) opvallender en langer zijn dan die in fig. 5b (het model-heelal).

Nu de variatie in de materieverdeling in het heelal kennelijk zo natuurgetrouw en gedetailleerd gesimuleerd kan worden, zijn we wellicht een stap dichter bij het antwoord op de vraag hoe (super-)clusters zich hebben gevormd: als samenklonteringen van individuele sterrenstelsels of als grote materiewolken waarin pas later sterrenstelsels ontstonden. De simulaties van Melott en Centrella lijken wat meer te wijzen op de tweede mogelijkheid.
Een groot probleem bij de vergelijking van de simulaties met de werkelijkheid is natuurlijk dat er min of meer willekeurig kleine verstoringen zijn aangebracht in de uitgangssituatie en dat de stapgrootte in de computer bij-effecten veroorzaakt. Het liefst zou men meer willen weten over de aard van die initiële verstoringen, kort na de *big bang*, de oerknal waarmee volgens de huidige inzichten de geschiedenis van het heelal begon.

Govert Schilling

Fig. 5. Zijn de filamentachtige structuren die wij herkennen in de verdeling van sterrenstelsels reëel of niet? Links zien we een computerkaart die gemaakt is met behulp van een patroonherkenningsprogramma en die de echte verdeling van sterrenstelsels laat zien. Rechts een zelfde kaart van een model-heelal, waarin geen filamentachtige structuren voorkomen. Kennelijk ontdekt het computerprogramma (dat hier een getrouwe imitatie vormt van de werking van het menselijk oog) ook patronen wanneer die er in werkelijkheid niet zijn. ▼





De sterrenhemel in november



Sterrenkaart:
ontwerp
Kik Velt
uitvoering
Wil Tirion

Magnitudeschaal:
-1 0 1 2 3 4 5

Freek Reijmerink

Drie meteoorzwermen





Figuur 2.

Op 8 november bereikt de meteorenzwerm *Tauriden* zijn hoogtepunt. Tijdens het maximum zijn er zo'n vijftien, vaak heldere, meteoren waar te nemen die hun radiant vinden in het sterrenbeeld Stier. De Tauriden zijn afkomstig van komeet Encke die in 3,31 jaar om de Zon loopt.
De kans is groot dat er rond deze datum ook meteoren worden waargenomen die hun radiant in het sterrenbeeld Cassiopeia hebben. In 1969 bereikte deze zwerm een hoogtepunt met maar liefst 120 meteoren per uur; ook in 1973, zij het in mindere mate, was deze zwerm actief. Door het incidentele optreden van deze zwerm is er nog maar weinig over bekend; ook de „moeder" komeet is nog niet geïdentificeerd.
Periodieke komeet Tempel-Tuttle is verantwoordelijk voor de *Leoniden*, die rond 17 november aan de hemel zullen verschijnen. Werkelijke sterrenregens komen bij deze zwerm éénmaal in de 33 jaar voor, en wel in de jaren dat de komeet in de buurt van de zon terugkeert; het laatst was dat in 1966, dus dit jaar hoeven we niet veel spectaculairs te verwachten.

Planeten

Mercurius was op 30 oktober in bovenconjunctie met de zon en daardoor staat de planeet deze maand te dicht in de buurt van de zon aan de hemel om waargenomen te kunnen worden.
Venus is nog steeds de parel aan de oostelijke ochtendhemel; met een helderheid van magnitude −4 bereikt ze op 4 november haar grootste westelijke elongatie van ruim 46 graden. Omstreeks deze datum komt de planeet kwart over drie 's morgens op. De maan is deze maand twee maal in conjunctie met Venus; op 1 november om 6h staat onze satelliet 5° ten noorden

Alle in deze rubriek genoemde tijdstippen zijn gegeven in de voor dat moment geldende officiële tijdaanwijzing (MET of MEZT) met uitzondering van de tijdstippen in de tabel Sterbedekkingen, welke zijn gegeven in UT (MET = UT + 1h; MEZT = UT + 2h).

Figuur 1. Nevenstaande sterrenkaart geeft de sterrenhemel weer zoals die er begin november om 24^h, midden november om 23^h en eind november om 22^h voor ons in Nederland en België uitziet; de sterrentijd op deze tijdstippen is ongeveer 2^h. De lichtzwakste sterren op de kaart hebben een helderheid van 4,55 m.
De lichte baan die dwars over de kaart loopt is de melkweg, alleen zichtbaar onder goede waarnemingscondities.
Bij het gebruik van de kaart ter oriëntering aan de sterrenhemel is de stand waarin de kaart gedraaid moet worden afhankelijk van de richting waarin gekeken wordt. Bekijkt u bijvoorbeeld de westelijke hemelstreek juist boven de horizon, draai de kaart dan zodanig dat het westpunt naar u toewijst; kijkt u recht omhoog, dan moet de kaart ondersteboven gehouden worden, waarbij het noorden van de kaart naar het noorden wijst. Bedenk dat het gedeelte van de hemel dat u in één blik kunt overzien, slechts een klein gedeelte van de sterrenkaart is; het gedeelte dat u kunt overzien meet op de kaart ongeveer 5 bij 5 cm.

Veranderlijke sterren
Open sterrenhoop
Bolvormige sterrenhoop
Sterrenstelsel
Nevel

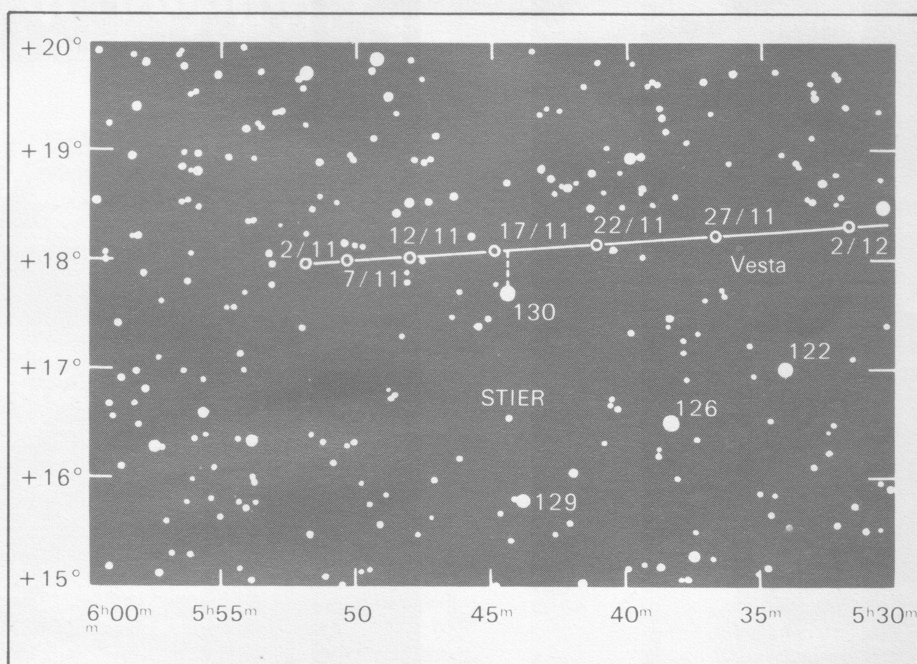
van de planeet. Op 30 november gebeurt hetzelfde; doch deze gebeurtenis speelt zich onder onze gezichtseinder af.
De planeet **Mars** is 's morgens vroeg aan de oostelijke hemel te vinden; tot 7 november in het sterrenbeeld Leeuw en daarna in de Maagd. Op 12 november staat de rode planeet 51 boogminuten ten noorden van de ster β Vir; de ster heeft een helderheid van magn. + 3,8.
Op 26 november gaat Mars op een afstand van 11 boogminuten noordelijk aan de ster η Vir voorbij, deze ster heeft een helderheid van magn. +4.
Een conjunctie met de maansikkel is te bewonderen in de vroege ochtend van 1 november. De conjunctie van 29 november is om 16^h en dus niet waarneembaar.
Jupiter is deze maand met wat moeite na het vallen van de duisternis nog laag boven de zuidwestelijke horizon te vinden; kort daarna verdwijnt de planeet echter al onder de horizon.
Saturnus is in de tweede helft van de maand alweer zichtbaar aan de oostelijke ochtendhemel; dat de planeet zo kort na de conjunctie met de zon, op 31 oktober, alweer aan de hemel te vinden is, danken we aan het feit dat in dit jaargetijde de ecliptica 's morgens een steile hoek met de oostelijke horizon maakt.

Planetoïden

4 Vesta is deze maand de helderste planetoïde aan onze sterrenhemel. Met een helderheid die deze maand toeneemt van +7,3 m tot +6,9 m trekt de planetoïde westwaarts door het sterrenbeeld Stier.
Op 17 november staat Vesta 23 boogminuten ten noorden van de ster 130 Tau (zie figuur 3). Deze ster heeft een helderheid van magn. +5,5. Planetoïde 3 Juno is in het sterrenbeeld Walvis te vinden; Juno bereikt eind november het meest zuidelijke punt van haar baan in dit jaar en op 3 dec 0h is de planetoïde stationair d.w.z. de tot dan toe westwaartse beweging aan de hemel t.o.v. de sterren gaat dan over in een oostwaartse.

Algol

De bedekkingsveranderlijke Algol in het Sterrenbeeld Perseus bereikt in oktober op onderstaande tijdstippen een helderheidsminimum die vanuit Nederland en België goed waarneembaar is.
03 november: 01h 12m
05 november: 22h 01m
08 november: 18h 50m
20 november: 06h 05m
23 november: 02h 54m
25 november: 23h 43m
28 november: 20h 32m



Figuur 3. De weg van planetoïde 4 Vesta aan de hemel in de periode 2/11-2/12 1983.

Zon

Datum	Begin astronom. schemering	Opkomst	Doorgang	Ondergang	Einde astronom. schemering
1983	h m	h m	h m s	h m	h m
02 nov	05 40	07 35	12 23 05	17 10	19 05
07 nov	05 48	07 44	12 23 10	17 01	18 58
12 nov	05 56	07 53	12 23 36	16 53	18 51
17 nov	06 03	08 02	12 24 23	16 46	18 45
22 nov	06 10	08 11	12 25 31	16 40	18 41
27 nov	06 16	08 19	12 26 58	16 35	18 37
02 dec	06 23	08 26	12 28 44	16 31	18 35
07 dec	05 28	08 33	12 30 46	16 29	18 33
12 dec	05 33	08 38	12 33 01	16 27	18 33

Maan

Datum	Opkomst	Doorgang	Ondergang	Ouderdom
1983	h m	h m	h m	dagen
02 nov	03 53	10 25	16 39	26,5
07 nov	10 41	14 39	18 32	02,1
12 nov	14 35	18 53	23 19	07,1
17 nov	15 56	22 26	03 59	12,1
22 nov	18 03	01 46	10 24	17,1
27 nov	–	06 39	13 09	22,1
02 dec	05 40	10 45	15 38	27,1
07 dec	11 28	15 07	18 50	02,5
12 dec	13 35	18 56	–	07,5

Ouderdom maan geldt voor 0h UT.

Maanfasen

Nieuwe Maan:	04 nov. 23h 21m MET
Eerste Kwartier:	12 nov. 16h 49m MET
Volle Maan:	20 nov. 13h 29m MET
Laatste Kwartier:	27 nov. 11h 50m MET
Nieuwe Maan:	04 dec. 13h 26m MET
Eerste Kwartier:	12 dec. 14h 09m MET

Sterrentijd en Juliaanse Datum

Datum	Sterrentijd	Juliaanse datum
1983	h m s	2445-
02 nov	2 42 49	640,5
07 nov	3 02 32	645,5
12 nov	3 22 15	650,5
17 nov	3 41 58	655,5
22 nov	4 01 40	660,5
27 nov	4 21 23	665,5
02 dec	4 41 06	670,5
07 dec	5 00 49	675,5
12 dec	5 20 32	680,5

De in nevenstaande tabel gegeven waarden voor de middelbare sterrentijd gelden voor 0h UT en de meridiaan van Greenwich. Om de plaatselijke sterrentijd voor de plaats van waarneming te krijgen, moet er voor elke graad oostelijk van Greenwich 4 minuten bijgeteld worden. De tabelwaarde voor de Juliaanse Datum geldt eveneens voor 0h UT.

Sterbedekkingen

Hieronder volgt de lijst met totale sterbedekkingen die tijdens deze maand in Nederland en voor het merendeel in België waargenomen kunnen worden. De voorspelde tijdstippen zijn tot op een tiende minuut nauwkeurig in UT opgegeven.
De waarnemer wordt gevraagd het tijdstip zo nauwkeurig te bepalen en de waarnemingsresultaten op te sturen naar: Werkgroep Sterbedekkingen, t.a.v. Dhr. D. Schmidt, Groen van Prinstererlaan nr. 25, 1272 GB, Huizen.

Datum 1983	Tijdstip UT	ZC	Helderheid	in/uit	P.A.	C.A.	Ster h	Ster az	Zon h	k	a tijdmin/graad	b tijdmin/graad	Naam van de ster
Nov 12	18 38,7		7.1	1	107°	54 S	17°	191°	−25°	0.51+	−2.1	−0.8	SAO 190536
Nov 12	19 39.2	3178	6.2	1	101°	59 S	15°	205°	−34°	0.51+	−1.8	−1.3	143 B. Cap
Nov 14	16 33.3	3408	7.0	1	104°	50 S	17°	138°	− 7°	0.69+	−1.4	+1.2	BD −12 6444
Nov 15	20 37.4	3536	4.7	1	46°	73 N	31°	190°	−43°	0.79+	−1.1	+0.7	30 Psc
Nov 15	22 57.0	5	4.7	1	97°	56 S	22°	227°	−56°	0.79+	−1.3	−1.8	33 Psc
Nov 16	23 03.0	106	6.8	1	34°	62 N	30°	220°	−56°	0.87+	−0.7	+0.7	123B Cet
Nov 18	2 24.9	249	4.7	1	121°	30 S	15°	260°	−42°	0.93+	−0.5	−3.5	ν PSC
Nov 18	16 17.0	327	4.5	1	30°	60 N	9°	87°	− 5°	0.96+	+0.1	+2.0	ξ 1 Cet
Nov 18	23 59.8	354	5.5	1	8°	37 N	43°	217°	−56°	0.97+	−0.5	+2.7	ξ Ari
Nov 23	1 44.0	936	5.9	2	257°	78 S	62°	180°	−48°	0.92−	−1.5	+0.5	5 Gem
Nov 23	20 10.0	1070	5.2	2	213°	29 S	16°	71°	−41°	0.87−	+0.7	+2.4	ω Gem
Nov 25	0 12.4	1239	6.4	2	270°	80 S	41°	106°	−57	0.76−	−0.8	+1.3	35 B. Cnc
Nov 27	5 48.5	1514	6.1	2	268°	67 S	53°	184°	−13	0.53−	−1.6	−0.0	42 Leo

Toelichting
ZC = nr. van de ster in de Zodiacal Catalogue.
in/uit: 1 = intrede, 2 = uittrede.
PA = position angle (positiehoek): de hoek in het middelpunt van de maanschijf tussen de richting van de noordelijke hemelpool en de richting van de ster: gemeten vanaf het noorden (0°) over het oosten (90°) en zo verder.
CA = cusp angle: de hoek gemeten vanaf de dichtstbijzijnde terminatorpunt tot de ster; N = gemeten vanaf de noordelijke, S = gemeten vanaf de zuidelijke terminatorpunt. Een negatieve waarde geeft aan dat de bedekking aan de verlichte rand optreedt.
az = azimut, gerekend vanaf het noorden (0°) over het oosten (90°) en zo verder.
k = het verlichte deel van de maanschijf.

Themanummer IRAS

Het augustusnummer (1983) van *Ruimtevaart* over de InfraRood Astronomische Satelliet IRAS bevat 72 pagina's en tientallen zwart-witfoto's over het ruimtevaartuig en over de testfase bij Fokker, ESTEC en JPL in de Verenigde Staten. De volgende onderwerpen komen onder meer aan de orde: de geschiedenis van IRAS, het belang van IRAS, de test- en integratiefase, het uittesten van IRAS in de ruimte, de grondoperaties en de (eerste) wetenschappelijke resultaten.
U kunt het IRAS-themanummer bestellen door *f* 7,50 over te maken op girorekening 3588078 t.n.v. penningmeester NVR, Nachtegaalstraat 82 bis, Utrecht, onder vermelding van 'IRAS-nummer'.

Ledenvergadering werkgroep Meteoren

Een bijzondere ledenvergadering van de werkgroep Meteoren van de NVWS wordt gehouden op zaterdag 21 januari 1984 in het Zeiss Planetarium Amsterdam.
Op bovengenoemde plaats en datum te 14 uur is iedereen welkom die de werkgroep Meteoren een warm hart toedraagt en met belangstelling voor het meteorenonderzoek, of als actief meteorenwaarnemer actief bezig is als amateur.
De werkgroep heeft naast perioden van grote bloei ook dieptepunten mee moeten maken. Er is grote behoefte aan nieuwe leden en bestuursleden, die met frisse en deskundige aanpak de durf hebben dit prachtige werk weer op te starten. Vele organisaties in de Benelux houden zich inmiddels reeds bezig met dit onderwerp in de amateursterrenkunde. Alleen stabiliteit, vastberadenheid en deskundigheid binnen de NVWS-werkgroep Meteoren, kan maken dat deze weer tot grote bloei kan komen. In samenwerking met het thans zittende werkgroepbestuur en het hoofdbestuur van de NVWS is daarom deze bijeenkomst georganiseerd.

Programma:
1. Opening door de voorzitter van de NVWS
2. Lezing door drs. N. de Kort. Onderwerp: Recent meteooronderzoek.
3. Pauze (met rondleiding door de meteorietenverzameling in het Planetarium).
4. Notulen ledenvergadering 1 oktober 1983.
5. Ingekomen stukken en mededelingen.
6. Plannen van de werkgroep voor 1984.
7. Bestuursverkiezing.
8. Rondvraag.
9. Sluiting.

De voorzitter van de NVWS hoopt op een talrijke opkomst voor deze bijeenkomst en wenst de werkgroep veel succes.

Dr. E. K. Wubbena

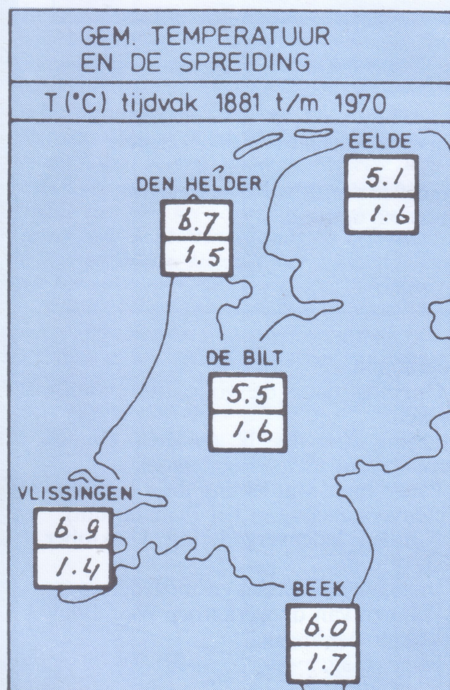
Klimatologische informatie voor november

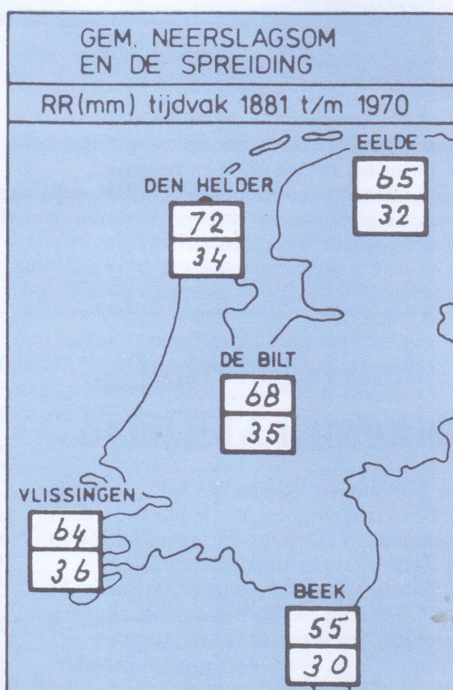
In de normaalperiode van 1951-1980 had november de hoogste èn de laagste temperatuur in hetzelfde jaar, nl. in november 1965 toen het in De Bilt op 7 november 17,7 °C en op 15 november −8,0 °C werd. Zo'n grote temperatuurtegenstelling werd ook waargenomen in november 1980, maar nu in omgekeerde volgorde: −6,2 °C op 4 november en 14,9 °C op 17 november. Hogere maximumtemperaturen dan 17,7 °C zijn in november in De Bilt in deze eeuw niet voorgekomen, wel lagere minimumtemperaturen. Zo daalde de temperatuur in De Bilt op 29 november 1921 tot −14,4 °C en op 29 november 1925 tot −11,3 °C.

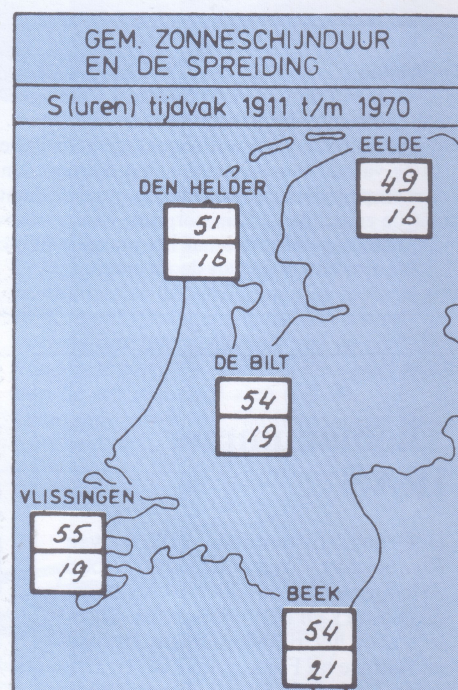
In 1982 was november een zeer zachte maar vrij sombere maand. In deze eeuw zijn alleen de novembermaanden van 1913, 1938, 1951 en 1963 nog iets zachter geweest. Landelijk gezien trad de hoogste temperatuur in november 1982 op in Kapellebrug (Zeeland) met 18,9 °C op 8 november, en de laagste temperatuur op het vliegbasis De Kooy (Noord-Holland) met −2,0 °C op 30 november.

weerselement	normaal (1951-1980)	november 1982
gemiddelde temperatuur (T, in °C)	5,8	8,1
gem. dag. minimumtemp. (T_n, in °C)	2,9	5,4
gem. dag. maximumtemp. (T_x, in °C)	8,7	10,5
aantal dagen met benedennormale temp.		9
aantal dagen met bovennormale temp.		21
aantal vorstdagen ($T_n \leqslant 0$ °C)	7	2
aantal ijsdagen ($T_x \leqslant 0$ °C)	0	0
laagste temperatuur (met datum)		−0,8 (15)
hoogste temperatuur (met datum)		17,1 (1)
aantal uren zonneschijn	52,6	34,6
percentage zonneschijn (S)	20	13
aantal zonnige dagen ($S \geqslant 50\%$)		1
aantal zonloze dagen ($S = 0\%$)	12	13
hoeveelheid neerslag (R, in mm)	75	61,5
aantal dagen met $R \geqslant 0{,}3$ mm	17	15
aantal dagen met $R \geqslant 10$ mm	2	0
neerslagduur (in uren)	65	59
aantal dagen met sneeuw	2	0
aantal dagen met hagel	2	2
aantal dagen met onweer	1	1
aantal dagen met mist	8	6
gemiddelde windrichting	ZW	ZZW
gemiddelde windsnelheid (in m/s)	3,5	4
gemiddelde luchtdruk (in mbar)	1012,0	1012,8

De gegevens in de tabel hebben betrekking op De Bilt







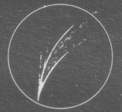
De kans dat de in november op te treden waarde méér van het gemiddelde afwijkt dan de spreiding bedraagt ongeveer 32%.

Klimatologische gegevens november (De Bilt)

jaar	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	normaal	hoogst	jaar	laagst	jaar	sedert
T	5,1	6,5	5,2	6,9	6,8	6,3	5,6	4,9	6,7	8,1	5,8	9,1	1899	0,6	1786	1735
R	76	121	97	59	167	32	74	83	72	62	75	183	1944	4	1853	1849
S	65	34	59	20	61	65	49	66	55	35	53	116	1920	20	1976	1899

T = gemiddelde temperatuur in °C, R = hoeveelheid neerslag in millimeters, S = aantal uren zonneschijn, Normaal = gemiddelde over de periode 1951 t/m 1980. De getallen hebben betrekking op het tijdvak 0-24 uur U.T.

(BZ/KNMI)



1983 een goed kometenjaar

De laatste maanden kenmerkten zich door een hoge komeetactiviteit, zowel op het gebied van visuele waarnemingen als op het gebied van nieuwe ontdekkingen. Helaas bleven alle zichtbare kometen tamelijk lichtzwak, tussen magnitude 9½ en 12, zodat ze alleen in grote kijkers waarneembaar waren. P/IRAS (1983j) nam in september snel in helderheid toe en bereikte in het midden van de maand magnitude 11,0. Op 30 september was de helderheid volgens Bouma en Bus al weer afgenomen tot magn. 11,5. Cernis (1983l) nam in september toe in helderheid tot magnitude 9½, maar zijn zuidwaartse beweging heeft hem nu in november tot een vrijwel exclusief object voor waarnemers op het zuidelijk halfrond gemaakt. De meest recente baanelementen geven aan dat Cernis op 20 juli rond 22h UT het perihelium heeft doorlopen op 3,317 AE van de zon. P/Wolf (1983m) werd door Gibson op 1 augustus teruggevonden met de 1,2 m Schmidttelescoop van Mount Palomar. P/Wolf was stellair en ongeveer van magnitude 20. Hij gaat op 31 mei 1984 op 2,415 AE door het perihelium. P/Crommelin (1983n) werd op 9 augustus door L. Kohoutek met de 0,8 m Schmidttelescoop van het Calar Alto Observatorium en op 15 augustus onafhankelijk door S. Hyckoff en P. A. Wehinger op het Kitt Peak Observatorium herontdekt. De helderheid was magnitude 20. P/Crommelin gaat op 20 februari 1984 op 0,735 AE door het perihelium. Hij is mogelijk reeds eind deze maand in grote amateurkijkers te zien en bereikt in februari een maximale helderheid van ca. magnitude 7. Crommelin is zowel voor amateur- als beroepsastronomen van uitzonderlijk belang omdat hij als 'oefenobject' voor de *International Halley Watch* (IHW) is uitgekozen. In een volgende aflevering van deze rubriek zullen we hier nog op terugkomen. Komeet IRAS 1983o) werd reeds op 27 juli door IRAS gevonden op de grens van detecteerbaarheid (magn. 18), en vervolgens weer op 1 september rond magn. 16-17. Hij kon echter pas op 11 september fotografisch bevestigd worden, maar toen was dan ook de vijfde komeetontdekking van IRAS een feit! Hij gaat rond 28 november op 2,25 AE door het perihelium. De baan is vrij ongunstig en 1983o zal met een voorspelde maximale helderheid van magn. 15 in februari/maart 1984 vrijwel zeker buiten het bereik van onze telescopen blijven. Komeet Shoemaker (1983p) werd op 7 september ontdekt door C. Shoemaker van het Lowell Observatorium en een week later bevestigd door Bowell en Skiff. Deze laatsten gaven de helderheid als magnitude 12, een indicatie dat 1983p binnen het bereik van amateurkijkers was. Inderdaad werd de komeet reeds op 15,3 september door Charles Morris waargenomen. Hij schatte toen de helderheid op magnitude 11,5. Op 30 september werd Shoemaker ook door Bouma, Bus en Feijth waargenomen met 25 cm kijkers. Bouma en Bus schatten de helderheid op resp. magn. 11,8 en 12,0, terwijl de comadiameter op 1½ boogminuut bepaald werd. Een gunstige bijkomstigheid was dat de komeet toen in het veld van de veranderlijke ster R Pegasi stond. De eerste baanelementen geven aan dat deze komeet omstreeks 23 november op 3,35 AE van de zon door het perihelium gaat. 1983p heeft dus evenals 1983l een erg grote periheliumafstand, en de eerste visuele waarnemingen duiden dan ook op een intrinsiek heldere komeet met een absolute helderheid (H_{10}) van ca. magnitude 4½. Helaas beweegt ook deze komeet zuidwaarts en neemt hij bovendien af in helderheid.

Zoals het er nu naar uitziet, zou november 1983 wel eens de eerste maand van dit jaar kunnen worden waarin niet tenminste één komeet door Nederlandse amateurs wordt waargenomen. Nu al heeft 1983 voor Nederlandse waarnemers alle records gebroken met waarnemingen aan negen verschillende kometen tot eind september, namelijk P/Churyumov-Gerasimenko (1982f), P/Tempel 1 (1982j), P/Koff (1982k), IRAS-Araki-Alcock (1983d), P/Tempel 2 (1982d), Sugano-Saigusa-Fujikawa (1983e), P/IRAS (1983j), Cernis (1983l) en Shoemaker (1983p). Opvallend is het grote aantal periodieke kometen! Ook wat komeetontdekkingen betreft is 1983 een zeer goed jaar tot nu toe, want nooit eerder werd de letter p zo vroeg al bereikt. Hier lijkt de kans ook levensgroot aanwezig dat het record van 1980, toen de letter u werd bereikt, gaat sneuvelen.

(RJB/EPB)

Efemeriden

datum	α(1950.0)	δ(1950.0)	m_v
P/IRAS (1983j)			
nov 02	$22^h45,^m2$	+41° 31′	12,4
12	$22^h36,^m7$	+42° 09′	12,7
22	$22^h34,^m9$	+42° 38′	13,1
P/Crommelin (1983n)			
nov 02	$19^h55,^m4$	+11° 19′	13,0
12	$20^h05,^m7$	+09° 52′	12,7
22	$20^h19,^m3$	+ 08° 40′	12,3
Shoemaker (1983p)			
nov 02	$22^h17,^m4$	−02° 53′	12,0
12	$22^h09,^m3$	−05° 59′	12,1
22	$22^h04,^m1$	−08° 33′	12,3

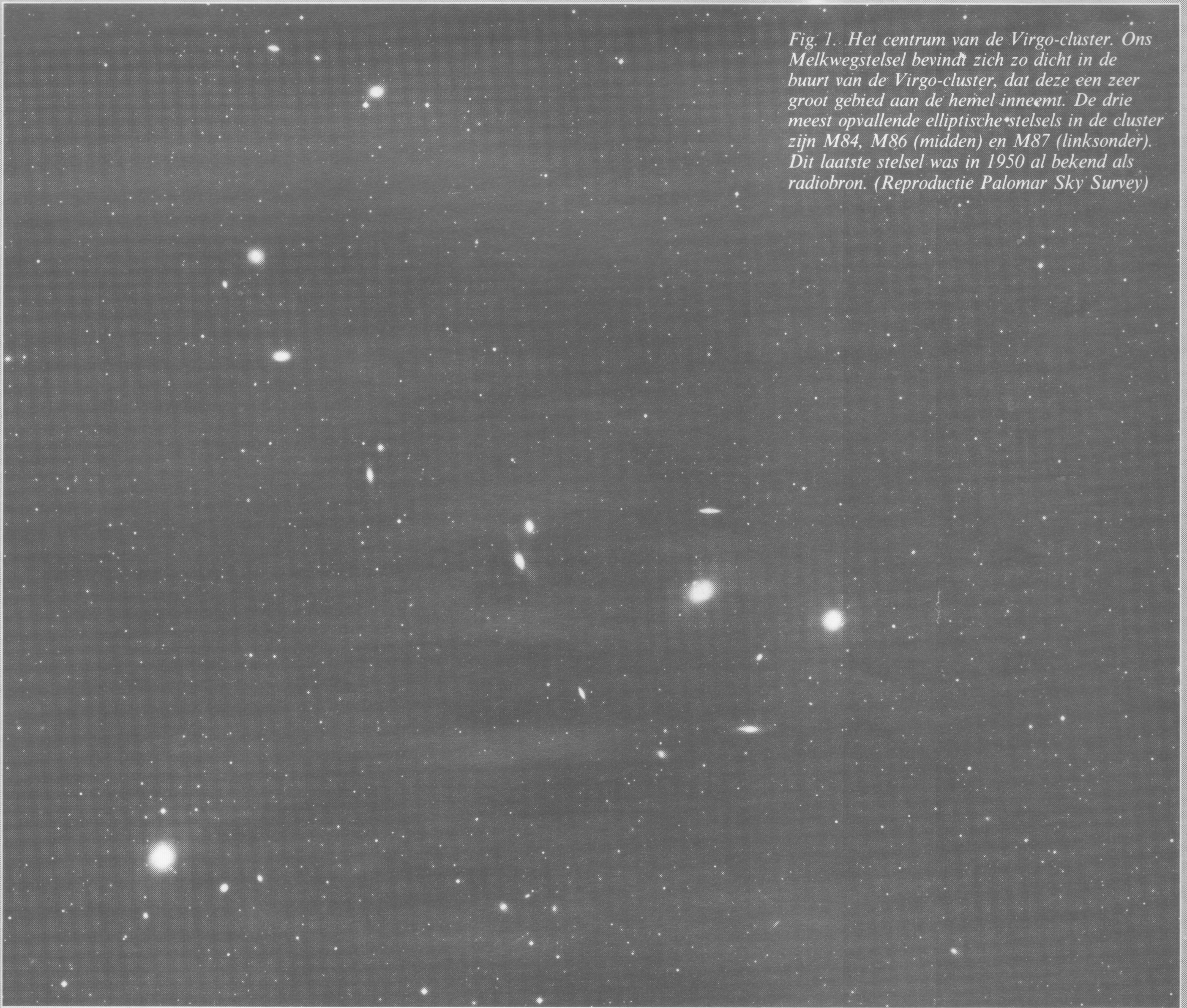


Fig. 1. Het centrum van de Virgo-cluster. Ons Melkwegstelsel bevindt zich zo dicht in de buurt van de Virgo-cluster, dat deze een zeer groot gebied aan de hemel inneemt. De drie meest opvallende elliptische stelsels in de cluster zijn M84, M86 (midden) en M87 (linksonder). Dit laatste stelsel was in 1950 al bekend als radiobron. (Reproductie Palomar Sky Survey)

Radiostraling van clusters

Behalve in zichtbaar licht kunnen we clusters van sterrenstelsels ook waarnemen in radiostraling. De Nederlandse Westerbork-telescoop heeft bij die radiowaarnemingen een belangrijke rol gespeeld. Het blijkt dat het radiobeeld van een cluster vaak overheerst wordt door een aantal individuele stelsels, die soms een zeer merkwaardige structuur vertonen. De ontwikkeling van het radio-onderzoek aan clusters beschrijven we hier aan de hand van een spectaculair voorbeeld: het kop-staartstelsel NGC 1265 in de Perseus-cluster. Behalve dergelijke uitgebreide structuren worden er in clusters veel onopgeloste radiobronnen gezien, waarvan de bestudering iets vertelt over het verband tussen de optische eigenschappen en het radio-karakter van sterrenstelsels. En in sommige gevallen worden clusters omgeven door zeer uitgebreide radio-halo's, die er op wijzen dat de cluster gevuld is met magnetische velden en zeer snelle elektronen.

W. Bijleveld

Een stukje historie

Radiosterrenkunde nam een aanvang in hetzelfde jaar waarin de eerste catalogus van extragalactische sterrenstelsels verscheen: 1932. Karl Jansky detecteerde toen radiostraling van buitenaardse oorsprong (zie *Zenit* **9**, 506, dec. 1982). De eerste parabolische antenne werd in de jaren veertig geconstrueerd door Grote Reber, een andere belangrijke pionier op dit gebied. In 1950 waren er 67 radiobronnen bekend, waarvan er slechts zeven geïdentificeerd konden worden met een optisch object. Eén hiervan was de Krab-nevel, de zes andere waren allemaal extragalactische stelsels. Dit kleine aantal identificaties was vooral te wijten aan het geringe oplossend vermogen (in hoekmaat aan de hemel) van de toenmalige radiotelescopen. Binnen de radiobundel vielen er altijd wel een aantal mogelijke optische kandidaten, zodat het moeilijk was om de juiste identificatie te vinden. Het clusteronderzoek kwam daardoor pas later goed op gang, en wel met de intrede van interferometers, zoals die in Cambridge (Engeland) en te Green Bank in de Verenigde Staten. Uitermate belangrijk werk is er in de jaren zeventig verricht met de Westerbork Synthese Radio Telescoop (WSRT), die zowel een groot oplossend vermogen heeft als een grote gevoeligheid.

Walter Baade en Rudolphe Minkowski brachten met hun klassiek geworden discussie over de identificatie van radiobronnen in 1954 enige ordening aan in het scala van gesuggereerde mogelijkheden. Zij onderscheidden vier verschillende typen van objecten die met radiobronnen geassocieerd zijn: supernovaresten, galactische nevels, bijzondere extragalactische stelsels en gewone extragalactische stelsels. Met betrekking tot het clusteronderzoek zijn de laatste twee typen van belang. Door de studie van de type 3-stelsels (bijzondere extragalacti-

Fig. 2. De Perseus-cluster is in de Rood-Sastry-classificatie het prototype van een lijntype (L) cluster. Het helderste stelsel in de keten, die van links naar rechts loopt, is NGC 1275 (links). Het kop-staartstelsel NGC 1265 staat boven aan de uiterste rand van de foto. (Reproductie Palomar Sky Survey)

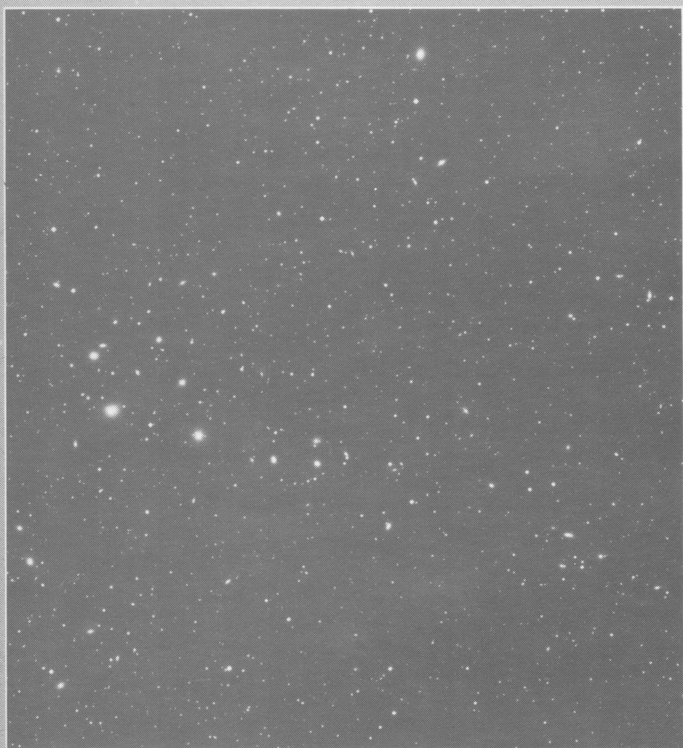
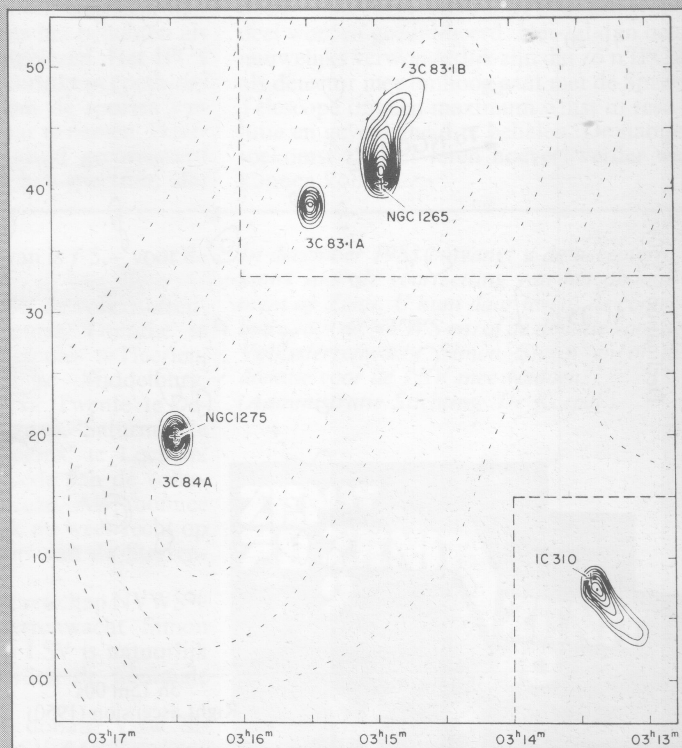


Fig. 3. Samengestelde radiokaart bij een golflengte van 73 cm van de Perseus-cluster. In verband met de enorme verschillen in radiosterkte zijn er verschillende contourinvallen gebruikt voor de diverse onderdelen van de kaart. De radiostaarten van NGC 1265 en IC 310 zijn duidelijk van NGC 1275 af gericht, wat een wisselwerking suggereert. (Ryle en Windram, 1968)

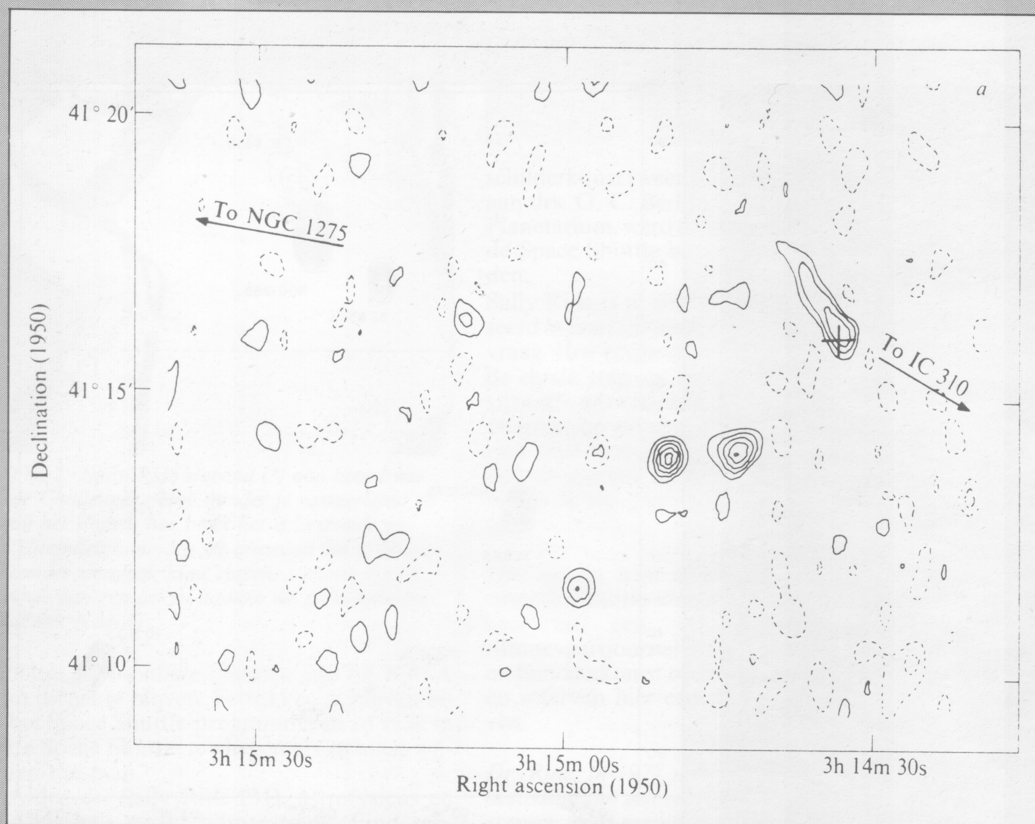


sche stelsels) komen Baade en Minkowski tot de voorzichtige conclusie dat de radiostraling in dergelijke stelsels veroorzaakt wordt door de botsing van sterrenstelsels. Voorbeelden van type 3-stelsels zijn M87 in de Virgo-cluster (fig. 1) en NGC 1275 in de Perseus-cluster (fig. 2).
Voor de Perseus-cluster sluiten ze de mogelijkheid uit dat de radiostraling afkomstig is van de cluster als geheel of van een aantal individuele stelsels tezamen. Als dit laatste namelijk het geval zou zijn, dan zouden er volgens hen veel meer clusters gedetecteerd moeten zijn op radiogolflengten. De bron van radiostraling móet dus wel geassocieerd zijn met het bijzondere stelsel NGC 1275. Onder de type 4-stelsels zijn (gewone extragalactische stelsels) Sb- en Sc-spiraalstelsels het belangrijkst. In 1951 was de Andromedanevel door Martin Ryle en medewerkers als eerste stelsel in deze klasse gedetecteerd.
B. Y. Mills publiceerde in 1960 een catalogus van 1150 radiobronnen tussen de declinaties −20° en +10°, gebaseerd op waarnemingen met de Sydney-kruisantenne bij een golflengte van 3,5 m. Om voor een aantal bronnen in zijn catalogus de positie-informatie te verbeteren, maakte hij gebruik van de derde Cambridge-catalogus van radiobronnen (de beroemde 3C-catalogus) die in 1959 door D. O. Edge en medewerkers was gepubliceerd. Mills was in staat om 55 radiobronnen te identificeren met Abell-clusters, vaak zelfs met individuele stelsels in de clusters. Volgens hem is het zeer waarschijnlijk dat sterrenstelsels die er heel normaal uitzien toch hele sterke radiobronnen kunnen zijn. Hij trekt ook de conclusie dat er geen speciale klasse van extragalactische radiostelsels bestaat, maar dat alle radiohelderheden van zeer zwak tot heel sterk vertegenwoordigd zijn; wel zijn er veel meer zwakke bronnen. De publicatie van Mills kunnen we beschouwen als het startpunt van het radio-onderzoek van clusters van sterrenstelsels.
In het begin van de jaren zestig hebben Thomas Matthews, William Morgan en Maarten Schmidt de optische tegenhangers van 52 betrekkelijk sterke radiobronnen (voornamelijk uit de 3C-catalogus) in detail onderzocht. Zij vonden dat spiraalstelsels altijd geassocieerd zijn met zwakke radiobronnen, terwijl de sterke bronnen altijd samenvallen met elliptische stelsels die een halo hebben, de zogeheten D-stelsels. Tien sterke radiobronnen vielen samen met cD-stelsels, de superreuzen onder de D-stelsels, die voornamelijk in rijke clusters voorkomen. Onder de D-stelsels is er een enorm bereik in radiohelderheden; ook zeer zwakke bronnen kunnen in D-stelsels gevonden worden. Een andere gevolgtrekking van Matthews en medewerkers was dat de vroegere interpretatie van Baade en Minkowski, nl. dat radiobronnen worden veroorzaakt door botsende stelsels, niet juist is: de door Matthews onderzochte bronnen zijn vrijwel zonder uitzondering geassocieerd met individuele stelsels.
In de loop der jaren zijn er talloze clusters met radiotelescopen bestudeerd. Daarbij werden er drie verschillende soorten radiobronnen gevonden: zogenoemde kop-staartstelsels; niet uitgebreide bronnen, en uitgebreide radio-halo's. De geschiedenis van de ontwikkeling van het model voor kop-staartstelsels komt zeer mooi tot uiting in de vele publicaties die over de Perseus-cluster zijn verschenen.

Radiobronnen in de Perseus-cluster

In het gebied van de Perseus-cluster liggen drie radiobronnen uit de 3C-catalogus: (3C)83.1A, 83.1B en 84A. De laatste is geassocieerd met het actieve sterrenstelsel NGC 1275. De bron 3C83.1B werd in 1961 door C. R. Lynds en S. Sobiesky geïdentificeerd met het stelsel NGC 1265, terwijl voor

Fig. 4. Links: detail van een 21 cm Westerbork-kaart van de Perseus-cluster. De radiostaart van de voorheen onbekende bron wijst niet van NGC 1275 af. Het kruis geeft de positie van het optische stelsel weer.
Rechts: schematische weergave van de positie van NGC 1275 t.o.v. de drie kop-staartstelsels. Kruisjes geven de optische posities aan. (Miley en medewerkers, 1972)



3C83.1A tot op heden nog geen identificatie gevonden is. Het object maakt zeer waarschijnlijk geen deel uit van de Perseus-cluster, maar is vermoedelijk een zeer verwijderd sterrenstelsel dat niet zichtbaar is op de *Palomar Sky Survey*.

De geringe afstand tussen 3C83.1B en 3C84A was voor Margaret en Geoffrey Burbidge in 1965 de aanleiding te veronderstellen dat de radio-activiteit van 3C83.1B veroorzaakt wordt door de enorme energie-uitbarstingen die in het naburige stelsel NGC 1275 plaatsvinden. In NGC 1275 zelf geven deze uitbarstingen, die waarschijnlijk samenhangen met supernova-explosies, aanleiding tot de sterke radiobron 3C84A. Deze hypothese van wisselwerking op afstand tussen actieve stelsels werd in 1968 door Martin Ryle en M. D. Windram bevestigd. Zij publiceerden o.a. radiowaarnemingen bij een frequentie van 408 megahertz, wat overeenkomt met een golflengte van 73 cm (zie fig. 3). Zij ontdekten dat 3C83.1B een uitgebreide, gekromde bron is, terwijl het optische stelsel aan het zuidelijke uiteinde van de bron ligt. Bovendien vonden Ryle en Windram nòg een uitgebreide bron, met een zelfde structuur als 3C83.1B, die geassocieerd is met het stelsel IC310. Het meest opvallende was dat de 'staarten' van beide bronnen ruwweg van NGC 1275 af wezen. De conclusie lag dus voor de hand dat NGC 1275 de radiostraling in beide andere bronnen veroorzaakt. Het mechanisme dat de wisselwerking tot stand bracht was niet geheel duidelijk, maar Ryle en Windram gaven aan dat waarschijnlijk zéér snelle energierijke deeltjes van NGC 1275 botsen met het gas in NGC 1265 en IC310 en daar de radiostaarten maken. Dit hele proces is enigszins vergelijkbaar met de vorming van de staart van een komeet door de zonnewind. De afstand tussen de zon en een komeet is echter betrekkelijk klein, terwijl de afstand tussen NGC 1275 en de twee andere stelsels ongeveer drie miljoen lichtjaar is. Het was dan ook absoluut onduidelijk hoe de relativistische deeltjes hun energie tijdens het afleggen van die enorme afstand konden behouden. Bij hun reis door de intergalactische ruimte verliezen ze immers energie door de wisselwerking met de alom aanwezige zeer zwakke magnetische velden. Een ander natuurkundig proces dat hier werkzaam zou kunnen zijn, is de wisselwerking tussen laag-frequente elektromagnetische straling, ook weer uitgaand van NGC 1275, en het magnetisch veld van de beide andere stelsels. Hoe deze wisselwerking in detail tot stand zou komen was een onopgelost theoretisch probleem.

Hoe ontstaan kop-staartstelsels?

Het inzicht in de aard van kop-staartstelsels veranderde wezenlijk met de publicatie van Westerbork-metingen bij een golflengte van 21 cm door George Miley en medewerkers in 1972. Hun zeer gevoelige metingen laten tussen NGC 1275 en IC310 nog een kop-staartstelseltje zien waarvan de staart naar NGC 1275 toewijst (zie fig. 4)! Deze ontdekking toont aan dat de radiostaarten van NGC 1265 en IC310 slechts bij toeval van NGC 1275 afwijzen en niet veroorzaakt worden door een wisselwerking over een afstand van miljoenen lichtjaren. Miley stelde een veel eenvoudiger verklaring voor: alle kop-staartstelsels zijn zelfstandige bronnen, die geheel onafhankelijk zijn van andere radiobronnen in hun nabijheid. De staart wordt gevormd doordat het radiomateriaal, dat in het centrum van het sterrenstelsel uitgestoten wordt, achter blijft bij het optische stelsel, als gevolg van de remmende werking van het intra-clustergas. Op precies dezelfde manier blijft de rook van een stoomtrein achter bij de locomotief. Volgens deze ideeën geeft de radiostaart de baan van het stelsel door de cluster aan. In de jaren 1972-1975 werkten Miley en mede-

Fig. 6. *Westerbork-radiokaart van NGC 1265 bij een golflengte van 6 cm. Door het grotere oplossend vermogen zijn er allerlei details zichtbaar die bij 21 cm niet gezien worden. De bundelgrootte staat rechtsonder in de figuur. Het radiomateriaal wordt in twee tegenovergestelde richtingen uitgestoten vanuit het centrum van het optische stelsel. (Miley en medewerkers, 1975)*

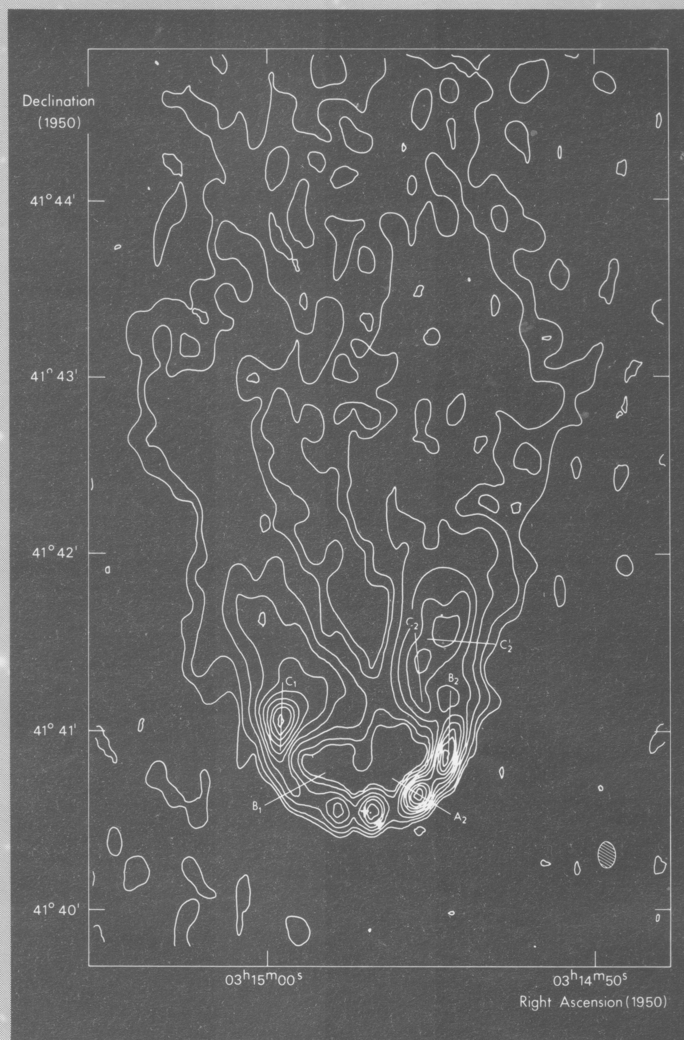
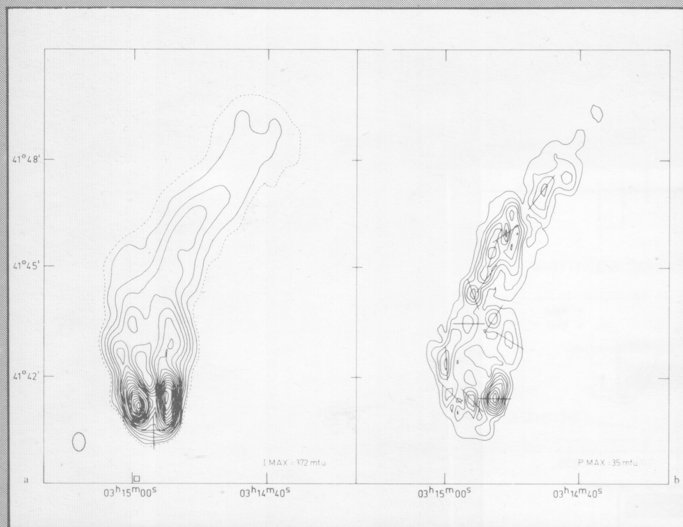


Fig. 5. *Westerbork-kaarten van de radiostraling van NGC 1265 bij een golflengte van 21 cm. Links staat de totale intensiteit, die gekarakteriseerd wordt door de dubbele structuur 'achter' het optische stelsel (aangegeven met het kruis) en de langzaam in sterkte afnemende staart. Rechts staat de verdeling van het gepolariseerde deel van de radiostraling; deze is veel gelijkmatiger dan de totale intensiteitsverdeling. De strepen geven de richting van het magnetisch veld weer. (Miley, 1973)*



werkers dit beeld in detail uit. (De verschillende eigenschappen van synchrotronstraling die nodig zijn om inzicht te krijgen in deze details, zijn beschreven in het kaderstuk op pag. 478.)

Het linkerdeel van fig. 5 geeft de 21 cm Westerbork-radiokaart, waarop duidelijk de dubbele structuur te zien is. Ten opzichte van het optische stelsel zijn de twee maxima in de radio-emissie naar het noorden verplaatst, terwijl de intensiteit geleidelijk langs de radiostaart afneemt. De polarisatiekaart, rechts in fig. 5 (de eerste in de geschiedenis van het clusteronderzoek), laat een heel ander beeld zien. Deze kaart toont alleen dát deel van de straling dat gepolariseerd is. Langs de staart blijft de hoeveelheid polarisatie ongeveer hetzelfde. De korte lijntjes geven de richting van het magnetisch veld aan, dat zich langs de staart uitstrekt.

Bij een golflengte van 6 cm is het oplossend vermogen van een radiotelescoop 3½ keer zo groot als bij 21 cm, zodat er allerlei kleinere details zichtbaar worden. In fig. 6 staat de 6 cm Westerbork-kaart van NGC 1265. Hieruit blijkt duidelijk dat vanuit het optische stelsel, waarvan de positie is aangegeven met een kruisje, in twee tegenovergestelde richtingen zogenaamde radio-lobben zijn uitgestoten. In fig. 7 staat schematisch weergegeven hoe de kop-staartstructuur ontstaan is. Deze figuur is gebaseerd op een van de modellen die Walter Jaffe en Cesare Perola in 1973 ontwikkeld hebben. Ongeveer vier miljoen jaar geleden werden de twee voorste lobben uitgestoten; acht miljoen jaar geleden het middelste paar, en ongeveer vijftien miljoen jaar geleden het achterste paar. Wat er in het centrum van het stelsel plaatsvindt is dus precies hetzelfde als bij klassieke dubbele radiobronnen, die echter niet in clusters voorkomen. NGC 1265 beweegt zich met een grote snelheid door de Perseus-cluster (volgens Guido Chincarini en Herbert Rood 2300 km/s). Het gas dat tussen de sterrenstelsels in de clusters aanwezig is heeft een belangrijke invloed op de structuur. Dit gas oefent op twee manieren druk uit op de radiolobben. Het levert remdruk (P_r) en thermische druk (P_t).

De **remdruk** is al ter sprake gekomen als een van de mogelijke processen die een rol spelen bij de vorming van S0-stelsels. We vinden hier dus in een heel ander verband – n.l. de structuur van kop-staartstelsels – hetzelfde fysische mechanisme terug! De remdruk wordt beschreven met de vergelijking $P_r \sim \rho\,(v_b)^2$. Hierin is ρ de dichtheid van het clustergas, en v_b de snelheid van de radiolob t.o.v. het clustergas. Deze snelheid kan ontbonden worden in twee componenten: v_s, de snelheid van het stelsel zelf, en v_u, de snelheid waarmee de radiolob uit het stelsel gestoten wordt.

Het effect van de remdruk is tweeërlei: enerzijds worden de lobben als geheel afgeremd; anderzijds worden ze in hun expansie belemmerd. Zolang de lobben dus met een behoorlijke snelheid door het clustergas bewegen, verandert hun grootte niet. Als ze na verloop van tijd echter tot stilstand zijn gekomen verandert de situatie drastisch. De remdruk is er niet meer (v_b is nul) en de lob gaat, als gevolg van de *inwendige* druk, expanderen. In fig. 6 is heel duidelijk te zien waar die expansie begint. Voor de oostelijke component is dat bij $\alpha = 03^h15^m$ en $\delta = 41°40',8$.

De **thermische druk** van het omringende clustergas gaat een rol spelen als de interne druk van de lob, als gevolg van de expansie, zo sterk gedaald is dat deze gelijk geworden is aan de druk van het clustergas. Dan ontstaat er een evenwicht tussen interne en externe druk en zal de lob niet verder in grootte toenemen. In fig. 6 is dat te zien bij $\delta = 41°41',4$. Vandaar af nemen de staarten nauwelijks meer in breedte toe en worden ze gaandeweg zwakker, omdat de radio-elektronen hun energie verliezen (zie het kaderstuk). Het is mogelijk om uit het even-

Fig. 8. *Horizontaal staat voor NGC 1265 de afstand langs de staart in graden aan de hemel uitgezet, gerekend vanaf de kop. Verticaal staat, van boven naar beneden, de radiosterkte bij 21 cm, de breedte van de staart, de spectrale index, en de polarisatiegraad. Waar de staart veel wijder wordt, neemt de polarisatiegraad sterk toe. (Miley, 1973)*

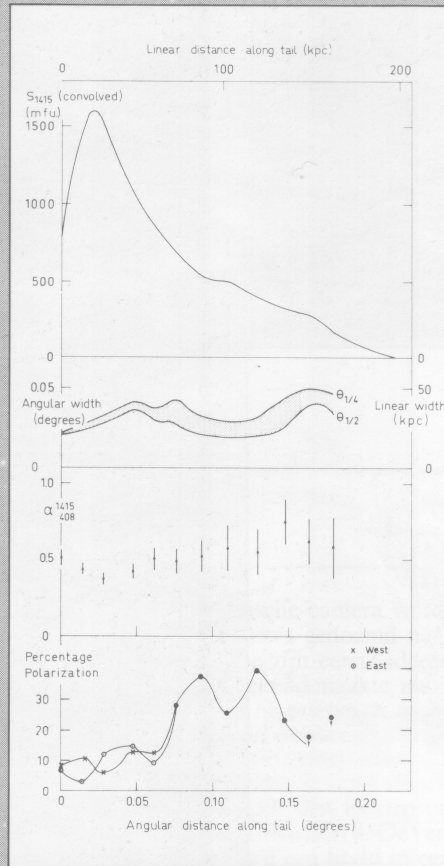
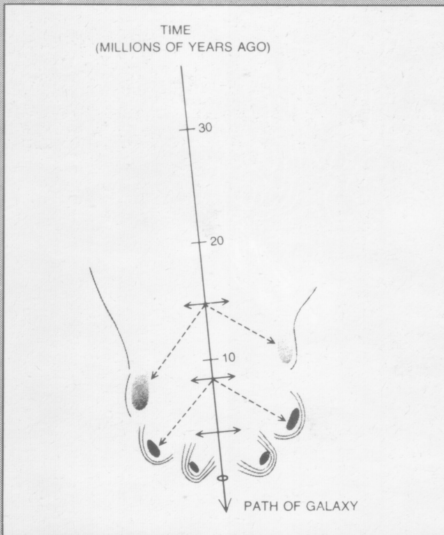


Fig. 7. *Model ter verklaring van de kop-staartstructuur. De baan van NGC 1265 is aangegeven met de verticale lijn, met daarlangs indicaties van de tijdstippen in het verleden waar het stelsel zich bevond. De radiolobben worden zijwaarts uitgestoten en volgen, t.g.v. de voorwaartse beweging van NGC 1265 het gestippelde traject. (Strom e.a., 1975)*



wicht tussen interne en externe druk de dichtheid van het omringende clustergas te berekenen. De zo gevonden dichtheden (meestal ongeveer duizend deeltjes per kubieke meter) stemmen zeer goed overeen met de waarden die uit de later te bespreken röntgenwaarnemingen volgen.

In fig. 8 staat een aantal eigenschappen van de bron, zoals die door George Miley uit zijn Westerbork-waarnemingen zijn afgeleid. Vooral interessant is de vergelijking van het tweede en het vierde figuurtje. Het tweede geeft de gemiddelde breedte van de radiostaarten als functie van de afstand langs de staart, zowel in hoekmaat als in kiloparsec (1 kpc = 3260 lichtjaar). Het vierde figuurtje geeft het percentage gepolariseerde radiostraling; dat is de verhouding tussen de gepolariseerde intensiteit en de totale intensiteit. Het blijkt dat op de plaats waar de staart plotseling breder wordt (0,05 tot 0,08° vanaf het centrum) het percentage polarisatie sterk toeneemt van 10% tot maar liefst zo'n 30%. Bij het breder worden van de radiostaart wordt deze natuurlijk ook veel ijler. De Faraday-depolarisatie (zie het kader) wordt dus veel minder, waardoor er veel meer gepolariseerd signaal overblijft. Nu is de polarisatiekaart in fig. 5 goed te begrijpen: in de kop is de dichtheid van de elektronen hoog, zodat er veel depolarisatie optreedt. In de staart is de dichtheid laag, waardoor de Faradaydraaiing – en daarmee de depolarisatie – gering is.

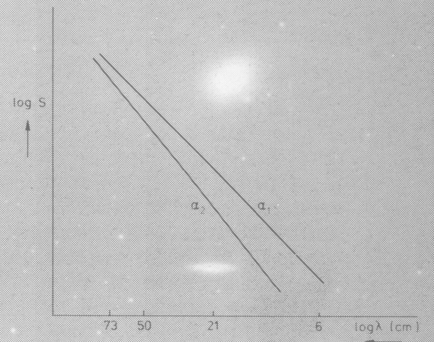
Dat de elektronenpopulatie langs de staart ouder wordt, en dus energie verliest, is te zien in fig. 9. Het onderste deel geeft voor drie verschillende afstanden tot het centrum (resp. 0,01°, 0,04° en 0,08°) het energiespectrum weer, zoals dat afgeleid kan worden uit radiowaarnemingen bij drie verschillende golflengten: (resp. 73 cm (0,4 gigahertz), 21 cm (1,4 GHz) en 6 cm (5 GHz). Bij toenemende afstand wordt de radiosterkte geringer en wordt het spectrum steiler, vooral tussen 1,4 en 5 GHz. Bij deze hoge frequenties verliezen de elektronen snel hun energie. Op een iets andere manier is dit fysische verschijnsel in het bovenste deel van de figuur weergegeven. Daar staat de spectrale index α voor twee gedeelten van het spectrum, tussen 0,4 en 1,4 GHz en tussen 1,4 en 5 GHz. In dit tweede frequentiegebied neemt de spectrale index snel toe van 0,5 tot 1,3, wat ook weer aangeeft dat langs de staart de elektronen energie hebben verloren.

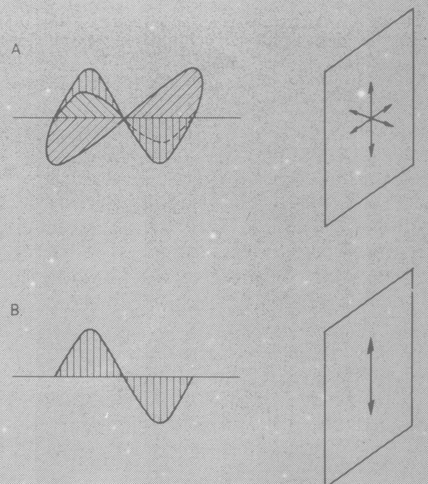
Spectrum en polarisatie van synchrotronstraling

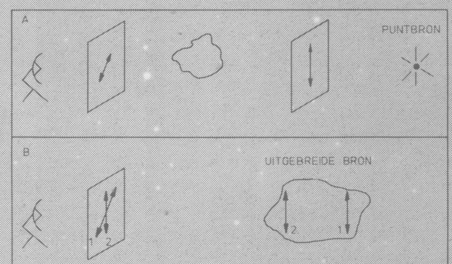
Een veel voorkomend type extragalactische radiobron bestaat uit twee radiolobben die aan weerskanten van een elliptisch sterrenstelsel liggen.

De radiostraling van deze lobben wordt veroorzaakt door relativistische elektronen (elektronen die bijna de lichtsnelheid hebben) die spiraliseren in een magnetisch veld. De elektronen worden door het magnetisch veld permanent afgeremd. De energie die ze daarbij verliezen komt vrij in de vorm van elektromagnetische straling bij radiogolflengten. Voor ieder elektron afzonderlijk wordt de golflengte bepaald door de sterkte van het magnetisch veld en de snelheid van het elektron. Hoe sneller het elektron beweegt, hoe korter de golflengte van de uitgezonden radiostraling is.

Een verzameling elektronen in een radiobron heeft een heel karakteristiek **spectrum**: de sterkte van de bron hangt af van de golflengte, volgens de vergelijking $S \sim \lambda^{\alpha}$. Hierin is S de sterkte







van de bron, λ de golflengte van de radiostraling en α de zogenaamde spectrale index, die over een groot golflengtebereik een vaste waarde heeft. Het is in de radiosterrenkunde gebruikelijk om, bij de weergave van een spectrum, de logaritme van de sterkte (log *S*) tegen de logaritme van de golflengte (log λ) uit te zetten. In zo'n figuur ziet het verband tussen radiosterkte en golflengte (het radiospectrum) eruit als een rechte lijn. Zie de lijn α_1 in de bovenste figuur.

Het spectrum van een verzameling elektronen verandert in de loop van de tijd, doordat de elektronen permanent afgeremd worden en op die manier energie verliezen. De elektronen die de hoogste snelheden hebben (en de kortste golflengten uitzenden) verliezen hun energie het snelst: de hardlopers zijn ook hier de doodlopers! Dat betekent dat in de bovenste figuur de lijn daalt en steiler wordt; de spectrale index α_1 wordt na verloop van tijd α_2.

Elektromagnetische straling is een zgn. transversaal golfverschijnsel, d.w.z. dat de trillingsrichting loodrecht op de voorplantingsrichting staat. Bij ongepolariseerde straling, bijvoorbeeld zonlicht, komen *alle* trillingsrichtingen loodrecht op de voortplantingsrichting voor. Zie het bovenste deel van de middelste figuur voor een schematische weergave. Bij synchrotronstraling echter komt er, door de ordening in het magnetisch veld, slechts een beperkt aantal trillingsrichtingen voor. Met andere woorden: synchrotronstraling is gepolariseerd; zie het onderste deel van de figuur.

De mate van polarisatie, de zogeheten polarisatiegraad, kan sterk van bron tot bron verschillen, doordat de straling ge*de*polariseerd wordt op zijn weg naar de radiotelescoop. In het bovenste deel van de onderste figuur staat een puntbron getekend die gepolariseerde straling uitzendt. Als deze straling onderweg een intergalactische of interstellaire, geïoniseerde wolk passeert, dan zal de polarisatierichting veranderen.

De mate van deze zgn. Faraday-draaiing is afhankelijk van de dichtheid van de wolk en van de golflengte van de straling: bij langere golflengten en dichtere wolken is de Faraday-draaiing sterker. Voor een uitgebreide bron (wat alle radiobronnen in de natuur zijn) geeft de Faraday-draaiing aanleiding tot depolarisatie, zoals in het onderste deel van de figuur is weergegeven. Stel dat aan de voor- en achterkant van de uitgebreide bron (resp. bij 2 en 1) synchrotronstraling wordt uitgezonden met dezelfde polarisatierichting, dan zal de straling van 2 ongehinderd de telescoop bereiken, maar de straling van 1 moet eerst de hele bron passeren, die vol zit met vrije elektronen, zodat de polarisatierichting wordt verdraaid. Het resultaat is dat er met de radiotelescoop verscheidene polarisatierichtingen tegelijkertijd opgevangen worden, wat resulteert in een gedepolariseerd signaal. Dit effect wordt Faraday-depolarisatie genoemd.

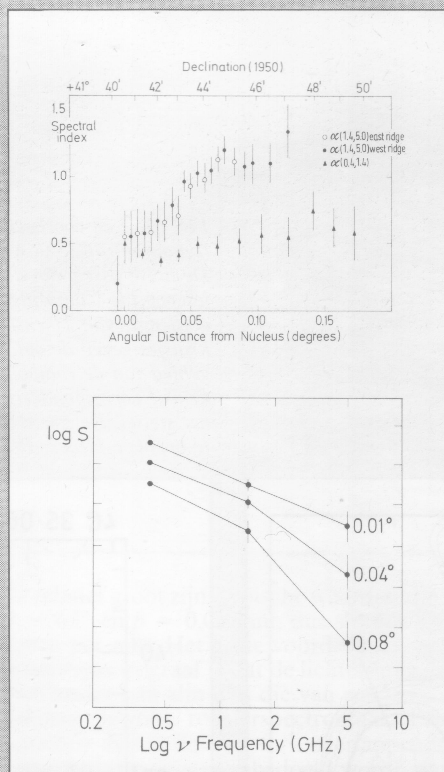
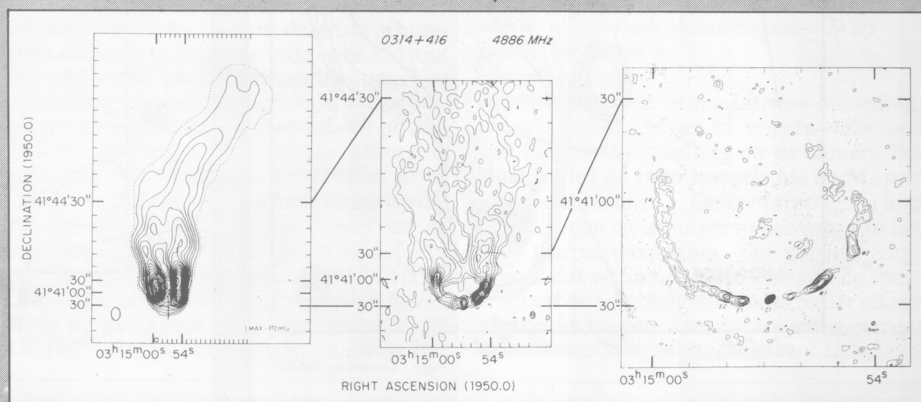


Fig. 9. Boven: de spectrale index als functie van de afstand tot de kop van NGC 1265, voor twee spectrale intervallen. De driehoekjes geven de spectrale index tussen 0,4 en 1,4 GHz (resp. 73 en 21 cm) en de rondjes tussen 1,4 en 5 GHz (21 en 6 cm). De laatste spectrale index neemt sneller toe dan de eerste, wat op energieverlies van de radio-elektronen wijst. Onder: het spectrum voor drie verschillende afstanden vanaf de kop. Ook hier is weer het steiler worden van het spectrum op grotere afstand te zien. (Miley e.a., 1975)

Fig. 10. Drie keer NGC 1265. Van links naar rechts neemt het oplossend vermogen sterk toe: Westerbork 21 cm kaart, Westerbork 6 cm kaart en VLA 6 cm kaart. Het oplossend vermogen van de rechterkaart is ongeveer 35 keer zo groot als dat van de linker (Owen e.a., 1978)



De invloed van het oplossend vermogen

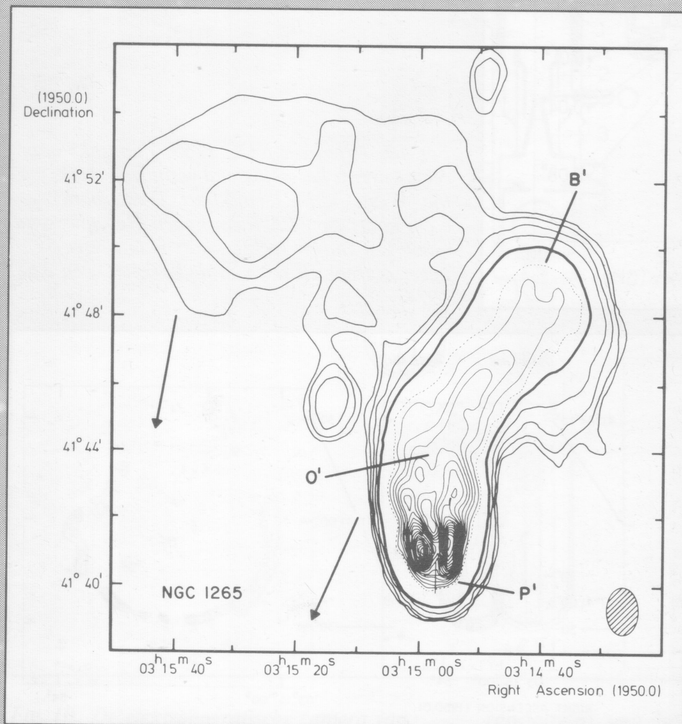
Een vergelijking van de Westerbork-waarnemingen bij 21 en 6 cm (fig. 5 en 6) leert zowel iets over de radiobron als over de waarneemtechniek. Bij 21 cm strekt de radiostaart zich uit tot een declinatie van 41°50′, terwijl bij 6 cm de staart bij een declinatie van 41°44′ al nauwelijks meer van de achtergrondruis te onderscheiden is. Dit verschil wordt veroorzaakt door twee effecten. Enerzijds is de radiobron bij 21 cm sterker dan bij 6 cm, wat ook duidelijk aan het spectrum van de bron te zien is. Anderzijds heeft een radiotelescoop bij 6 cm een groter oplossend vermogen dan bij 21 cm. Bij 6 cm valt er dus een kleiner deel van de bron binnen de bundel van de radiotelescoop dan bij 21 cm, zodat er bij 6 cm naar veel minder elektronen gekeken wordt (die dan ook nog eens minder sterk stralen). Als dus de ontvangers bij 21 en 6 cm dezelfde gevoeligheid hebben, dan zijn er twee redenen waarom er bij 6 cm minder gezien wordt: geringere sterkte en groter oplossend vermogen.

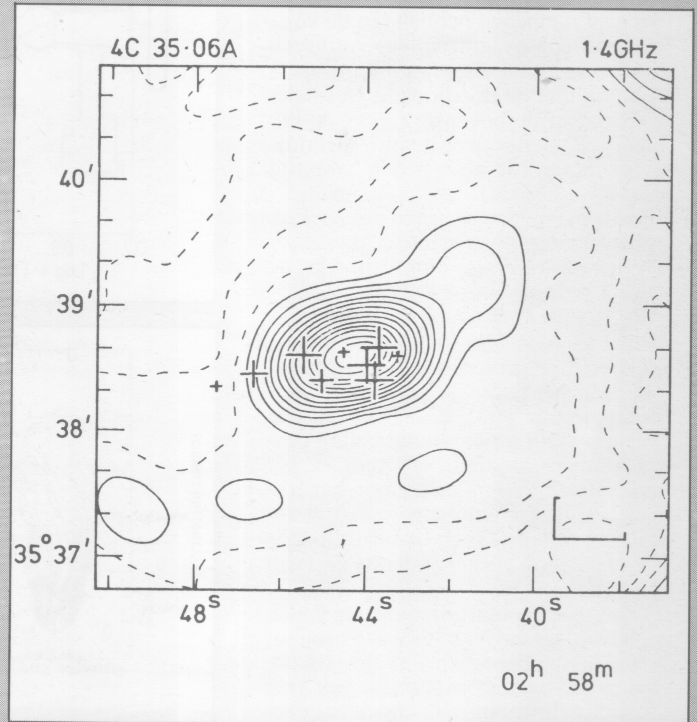
Hoe sterk het effect van het oplossend vermogen kan zijn, wordt geïllustreerd door fig. 10: NGC 1265 bij verschillende golflengten en gezien door verschillende instrumenten. De twee linkerplaatjes zijn inmiddels welbekend; het rechter is het resultaat van een waarneming van Frazer Owen en medewerkers in 1978, m.b.v. de Very Large Array (VLA) in New Mexico in de Verenigde Staten. De VLA heeft een oplossend vermogen dat ongeveer tien keer zo groot is als dat van de Westerbork-telescoop. De twee rechterplaatjes zijn beide waargenomen bij een golflengte van 6 cm; de verschillen worden nu dus niet veroorzaakt door het spectrum van de bron, maar geheel door het oplossend vermogen. De VLA laat veel van de structuur van het allerbinnenste deel zien, maar toont niets van de structuur van de buitendelen. Voor het juiste begrip van een radiobron als geheel is het dus van belang om een heel scala van oplossende vermogens te gebruiken.

In 1979 publiceerden Galen Gisler en George Miley Westerbork-waarnemingen bij een golflengte van 50 cm van NGC 1265, die weer geheel nieuw inzicht gaven in de aard van deze bron. In fig. 11 staat het gecombineerde resultaat van de 50 cm en de 21 cm metingen gereproduceerd. Het deel binnen de dikke contourlijn is de 21 cm waarneming, het deel erbuiten is gevonden in de 50 cm meting. Een nieuwe vondst zijn de zeer zwakke uitlopers in noordoostelijke

Fig. 11. Gecombineerde Westerbork 50 en 21 cm kaart. Het binnenste deel is de 21 cm meting, terwijl het buitenste deel de 50 cm meting weergeeft. De nieuw ontdekte zwakke uitloper naar het noordoosten geeft de baan van NGC 1265 aan. De 21 cm staart is gebogen door de opwaartse druk van het clustergas. (Gisler en Miley, 1979)

Fig. 12. Een voorbeeld van een niet-opgeloste radiobron: 4C35.06A in de Abell-cluster A407. De halve assen van de bundel van de radiotelescoop (de Cambridge-interferometer bij een golflengte van 21 cm) staan rechtsonder. De kruisjes geven de optische stelsels aan in het gebied van de radiobron. De grootte van het kruisje correspondeert met de afmeting van het stelsel. De juiste identificatie is moeilijk te bepalen. (Riley, 1975)





richting. Gisler en Miley geven een nauwgezette analyse van de bronstructuur, en ze komen tot de conclusie dat er twee verschillende radiostaarten te onderscheiden zijn: de 'zware staart' (naar links) en de reeds bekende 'opwaartse kracht-staart' (naar rechts). De zware staart geeft de baan aan die NGC 1265 in het verleden heeft gevolgd. Hij bestaat uit achter gebleven radiolobben. De opwaartse kracht-staart is ontstaan doordat lichtere radiolobben, zodra ze tot stilstand zijn gekomen t.o.v. het intra-clustergas, de opwaartse kracht gaan voelen van dat gas. (De verdeling van het clustergas komt in een volgend artikel ter sprake bij de bespreking van de röntgenwaarnemingen.) De dichtheid van het gas neemt vanaf het centrum van de cluster naar buiten toe sterk af; er is dus een dichtheidsgradiënt in het gas. Dit heeft tot gevolg dat radiolobben een kracht voelen die van het clustercentrum vandaan 'opwaarts' gericht is, waardoor de radiostaart van NGC 1265 afgebogen wordt en de vorm krijgt van Gisler en Miley's opwaartse kracht-staart.

De studie van het kop-staartstelsel in de jaren zestig en (vooral) de jaren zeventig heeft zeer veel kennis van radiobronnen opgeleverd. Een veelheid van fysische processen blijkt een rol te spelen en de waarnemingen van NGC 1265 zijn erg belangrijk geweest bij het ontrafelen van de aard en wisselwerking tussen deze processen.

Onopgeloste bronnen in clusters

Bij de radiowaarnemingen van clusters zijn niet alleen zulke spectaculaire bronnen gevonden als NGC 1265. Voor het merendeel van de bronnen is het oplossend vermogen van de huidige radiotelescopen niet voldoende, waardoor er geen structuur in de bronnen waargenomen kan worden. Een voorbeeld van zo'n onopgeloste bron zien we in fig. 12. Dit is 4C 35.06A, waarbij zich het probleem van de identificatie voordoet: op geringe afstand van de centrale positie van de radiobron ligt een aantal clusterstelsels bijeen, zodat het niet zeker is welk van de stelsels bij de radiobron hoort. Alleen een radiotelescoop met een groter oplossend vermogen kan hier uitkomst brengen.

De verdeling van de radiohelderheid van een groot aantal stelsels, de zogeheten radiohelderheidsfunctie, is uitgebreid bestudeerd met de Westerbork-telescoop. Veel van dit clusteronderzoek is gepubliceerd in de reeks *A Westerbork survey of rich clusters of galaxies*, die in de periode 1975-1980 het licht zag. Uit dit onderzoek blijkt onder meer dat de radiohelderheidsfunctie voor E- en S0-stelsels *niet* van cluster tot cluster verschilt, terwijl dat voor de S- en de onregelmatige Irr-stelsels wèl het geval is. Bovendien is gevonden dat E- en S0-stelsels binnen en buiten clusters vrijwel dezelfde radiohelderheidsfunctie hebben, terwijl voor S- en Irr-stelsels de verschillen binnen en buiten clusters aanzienlijk zijn. Voor E- en S0-stelsels zien we hier waarschijnlijk het feit weerspiegeld dat ze altijd in of in de buurt van clusters voorkomen. Spiraalstelsels kunnen zowel binnen als buiten clusters voorkomen, waardoor de invloeden van de omgeving sterk kunnen verschillen, wat kennelijk weer doorwerkt in het radiogedrag van deze stelsels.

Een samenvatting van de resultaten, zoals die door C. Auriemma e.a. in 1977 is gegeven voor een groot aantal stelsels (ongeveer 20 000!) is te vinden in fig. 13. Hier staan vier radiohelderheidsfuncties voor verschillende intervallen van de absolute fotografische helderheid. Een radiohelderheidsfunctie geeft (verticaal) de kans dat een stelsel een radiobron is, met een radiosterkte (horizontaal) groter dan een bepaalde waarde. Uit fig. 13 zijn twee conclusies te trekken. Ten eerste blijkt dat de kans dat een sterrenstelsel een sterke radiobron bevat (rechts

Fig. 14. Westerbork 50 cm kaart van de Coma-cluster, waarop de radio-halo, een kopstaartstelsel en een aantal andere radiobronnen te zien zijn. Voor de duidelijkheid is de contour die de radio-halo aangeeft dik getrokken. (Valentijn, 1978)

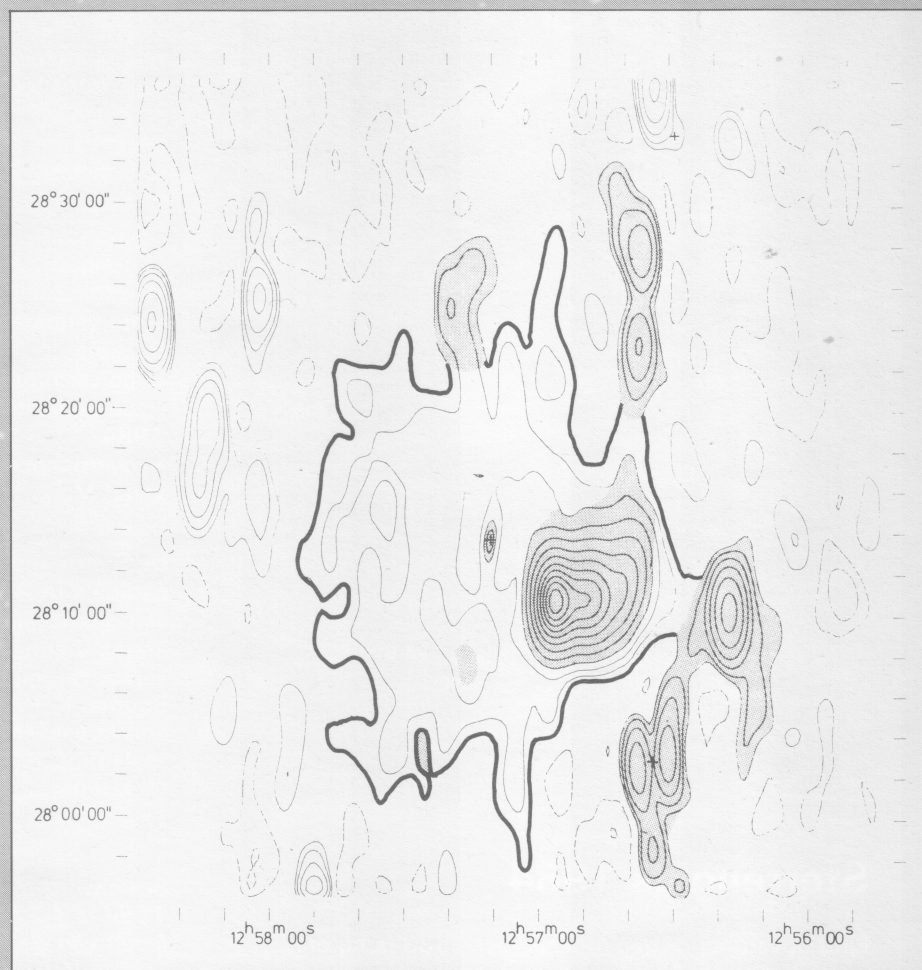
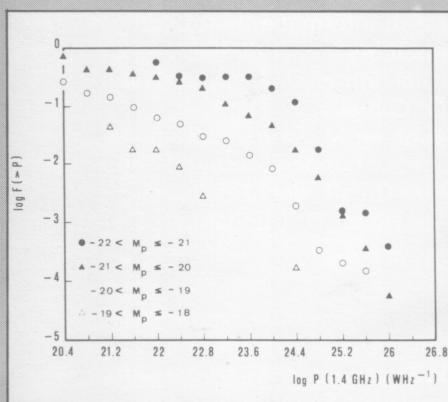


Fig. 13. Vier radiohelderheidsfuncties voor vier intervallen van absolute fotografische helderheid. Horizontaal is de logaritme van de radiosterkte uitgezet, verticaal de logaritme van de fractie van de stelsels met een radiosterkte groter dan de horizontaal aangegeven waarde. De symbolen geven verschillende helderheidsintervallen aan. Voorbeeld: 1/10 deel (log 1/10 = −1) van de allerhelderste stelsels ($-22 < M_p \leq -21$) bevat een radiobron die sterker is dan $2{,}5 \times 10^{24}$ WHz^{-1} (log $2{,}5 \times 10^{24} = 24{,}4$). (Auriemma e.a., 1977)



in de figuur) veel kleiner is dan de kans dat hij een zwakke radiobron bevat (links). Dit resultaat is onafhankelijk van de optische helderheid, want alle vier de functies lopen van rechts naar links continu omhoog. Ten tweede zien we dat een stelsel met een grote optische helderheid een grotere kans heeft om een radiobron te zijn dan een minder helder stelsel. Het radiogedrag van een sterrenstelsel hangt dus af van de absolute helderheid! De oorzaak van dit verband waren in 1980 nog onbekend, maar in het begin van de jaren tachtig is er iets meer licht op deze zaak geworpen.

Radio-halo's

De derde soort radiobron die we in clusters van sterrenstelsels tegenkomen is de radiohalo, dat is de radio-emissie van de cluster als geheel. Radio-halo's zijn zeer zeldzaam. In 1980 waren er slechts vier bekend: De Coma-cluster en de Abell-clusters A2255, A2256 en A2319. De Coma-halo, ook wel Coma C genaamd, is daarvan het best in kaart gebracht.
De studie van radio-halo's wordt gekenmerkt door instrumentele problemen, omdat halo's heel zwakke en zeer uitgebreide structuren zijn. Dat houdt in dat ze bestudeerd moeten worden met telescopen met een gering oplossend vermogen, opdat een groot deel van de halo binnen de bundel valt. Binnen de bundel zullen dan ook zeer veel puntbronnen (onopgeloste radiobronnen) vallen, die bijdragen tot het totale signaal. Op de één of andere manier moet de bijdrage van de puntbronnen gescheiden worden van de halo-bijdrage. M.A.G. Willson maakte in 1970, bij de eerste studie van de Coma-halo, dan ook gebruik van zowel interferometer-gegevens (hoog oplossend vermogen; alleen puntbronnen) als van gegevens die verkregen waren met een enkelvoudige radiotelescoop (laag oplossend vermogen; zowel puntbronnen als halo). Door de verschillende waarnemingen in detail te vergelijken slaagde hij erin om het bestaan van diffuse, uitgebreide radio-emissie van de Coma-cluster als geheel aan te tonen. Edwin Valentijn bracht deze halo in 1978 in kaart door twee van de antennes van de Westerbork-telescoop te gebruiken als enkelvoudige radiotelescoop en de tien andere als interferometer te laten werken. Het resultaat van Valentijns onderzoek staat in fig. 14.

Het bestaan van deze radio-halo duidt erop dat een groot deel van de cluster, met een diameter van ongeveer 4 miljoen lichtjaar, gevuld is met magnetische velden en relativistische elektronen. Deze relativistische elektronen zijn afkomstig van de andere radiobronnen (puntbronnen en kop-staartstelsels) in de cluster, en zijn van daaruit de intergalactische ruimte in gediffundeerd. Het spectrum van de halo's is steil, wat er op duidt dat de elektronen al veel energie verloren hebben en dus oud zijn.

Toch zijn er nog problemen met radiohalo's. Door de enorme afmetingen van de halo's moeten de relativistische elektronen lang onderweg zijn geweest. Ze hebben dus veel tijd gehad om hun energie te verliezen, en volgens de verschillende radiobronmodellen zouden de elektronen zo energie-arm geworden moeten zijn dat ze geen synchrotronstraling meer uitzenden. Onderweg moeten de elektronen dus op één of andere manier versneld zijn. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de elektronen versneld worden in de 'boeggolven' van sommige snelbewegende sterrenstelsels. Na verloop van tijd verliest een halo-elektron volgens deze ideeën energie door synchrotronstraling en wint hij energie door versnelling in boeggolven. De details hiervan zijn nog lang niet begrepen, maar wellicht levert de studie van clusterhalo's nieuwe inzichten in de energiehuishouding van radiobronnen.

Sterrengids 1984

Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
Stichting 'De Koepel'

Wim Gielingh en Jean Meeus

Sterrengids 1984

Eind november of begin december 1983 is hij er weer: het sterrenkundig jaarboek en in vele opzichten ook handboek en naslagwerk voor astronomie: de Sterrengids 1984.

De Sterrengids 1984 geeft een overzicht van de meest boeiende verschijnselen die met het ongewapende oog, met een verrekijker of teleskoop te zien zijn vanuit Nederland en België. De gids is boordevol grafieken, tabellen, amateurfoto's en tekeningen. Hij bevat tips voor beginnende waarnemers en astrofotografen. U vindt er een verklarende woordenlijst (wat is dat eigenlijk: 'conjunctie', 'equinox', 'efemeriden', 'libratie', 'synodische periode' etc.?) Maar ook gevorderde amateurs komen aan hun trekken: formules en tabellen met de meest recente gegevens maken deel uit van de 'appendices'.

In navolging van vorige gidsen vindt u ook in de gids van 1984 inleidende hoofdstukken voor nieuwe gebruikers, sterrenkaartjes voor iedere maand, detailkaartjes voor alle planeten en voor vele planetoïden, de verwachte lanceringen van wetenschappelijke satellieten in 1984, en adressen van organisaties waar u als amateur terecht kunt (verenigingen, werkgroepen, volkssterrenwachten en planetaria).

Dit jaar wordt speciale aandacht besteed aan:
— het gebruik van de prismakijker voor sterrenkundige doeleinden
— de veranderlijke van het jaar: R Coronae Borealis
— bolvormige sterrenhopen
— de gedeeltelijke zonsverduistering van 30 mei 1984
— overgangen van de Aarde vóór de zon, gezien vanaf Mars.

De Sterrengids 1984 biedt maar liefst 160 pagina's (A-4 formaat) informatie. Met bijdragen van deskundige amateurs (naast de beide hoofdauteurs W. Gielingh en J. Meeus zijn dat vooral H. Feijth, G. Comello, P. Eilers, R. Bouma, F. Reijmerink en M. Drummen) en enkele vakastronomen of andere deskundigen zoals prof. dr. W. de Graaff, drs. J. Loonen, dr. O. Namba, ir. D. de Hoop, D. Dunham en G. Taylor.

Bestelwijze: *De winkelprijs van de Sterrengids 1984 is ƒ 27,— of 500 BFr. Abonnees op Zenit, leden van de NVWS, van de JWG en donateurs van de Volkssterrenwacht Simon Stevin kunnen de gids voor de gereduceerde prijs van ƒ 20,— verkrijgen, vanuit België 375 BFr. Bestelwijze: schrijf ƒ 20,— over op giro 3191545 ten name van Stichting 'De Koepel' te Utrecht onder vermelding van 'Sterrengids 1984'. Vanuit België: schrijf 375 BFr. over op giro 000-1168383-18 ten name van Stichting 'De Koepel' te Utrecht onder vermelding van 'Sterrengids 1984'.*

NB. Degenen die zich op de gids geabonneerd hebben krijgen hem met acceptgiro of nota toegezonden.



Mei 1983: Records voor natheid en somberheid

De lente van 1983 en de maand mei in het bijzonder gaven een extreem weerbeeld te zien waarbij records werden geëvenaard of gebroken. Records werden gevestigd op het gebied van regenval en somberheid, terwijl ook de dag waarop de temperatuur in de lente voor het eerst boven 20 °C kwam in De Bilt later optrad dan ooit was voorgekomen.

Baltus Zwart

Geen koude-records

Mei 1983 was een koude maand: de gemiddelde temperatuur was in De Bilt 10,6 °C (anderhalve graad onder normaal), maar er zijn gemiddeld koudere meimaanden voorgekomen. Wel behoorde mei 1983 tot de acht koudste meimaanden van deze eeuw. Mei 1902 had daarvan de laagste gemiddelde temperatuur: 9,4 °C. De negatieve temperatuurafwijking van mei 1983 werd alleen veroorzaakt door de lage temperaturen *overdag*. De afwijking van de gemiddelde maximumtemperatuur was −2,4 °C, terwijl de minimumtemperatuur ongeveer normaal was. Vorst kwam er in De Bilt niet voor, de laagste temperatuur was daar 0,8 °C in de nacht van 4 op 5 mei, maar op andere weerstations daalde de temperatuur in die nacht wel onder nul, zoals in Wageningen: −1,2 °C. Zomerse dagen (maximumtemperatuur 25 °C of hoger) kreeg De Bilt evenmin, de hoogste temperatuur was daar 22,8 °C op 31 mei. Eerder in de maand steeg de temperatuur niet boven 20 °C, wat in deze eeuw nog nooit was voorgekomen. De tot 1983 laatste datum was 20 mei in de lente van 1909. De lage maximumtemperaturen en de normale minimumtemperaturen maakten dat de dagelijkse schommeling van de temperatuur (de 'dagelijkse gang') klein was, gemiddeld slechts 7,6 °C, even klein als in de bijzondere koude meimaand van 1962 waarin de temperatuur op 25 mei niet hoger steeg dan 9 °C. In mei 1983 waren er twee dagen met een maximumtemperatuur in De Bilt van 10,1 °C, en doordat januari 1983 uitzonderlijk zacht was (met januari 1974 de zachtste van deze eeuw) waren er tien dagen in mei waarop de temperatuur lager bleef dan de warmste dag in januari. De temperatuur bereikte in januari 1983 in De Bilt op twee dagen een niveau van 12,9 °C. Zevenentwintig dagen hadden in mei 1983 een benedennormale temperatuur. De laatste dag van mei was de warmste; in Kapellebrug (Zeeuws Vlaanderen) werd nog juist een 'zomerse' temperatuur (25,0 °C) bereikt.

Regenrecord

Op het gebied van de regen brak mei, gemiddeld over het land, wel een record dankzij de extreem hoge neerslaghoeveelheden in de oostelijke helft van Nederland. Het landgemiddelde van de neerslag kwam op 125 mm; het oude record was 110 mm in mei 1923. In De Bilt bedroeg de hoeveelheid neerslag in mei 1983 123 mm, maar daar waren mei 1923 en mei 1979 natter met respectievelijk 130 en 133 mm regen. Toch was er bijvoorbeeld in 1979 geen wateroverlast doordat de meeste regen viel tijdens enkele zware buien. Er waren toen veel meer droge dagen dan in mei 1983. In laatste maand waren slechts zeven dagen droog of viel er minder dan 0,3 mm regen; een record voor deze eeuw. Het oude record had mei 1902 met negen droge dagen gevolgd door mei 1923 en mei 1981 met tien droge dagen. De minste regen viel in mei 1983 in de kustgebieden. Zo viel er in Zeeland aan de kust van Walcheren niet meer dan ongeveer 70 mm regen. De meeste regen kwam in het noordoosten van Nederland omlaag; Hoogeveen in Drenthe kreeg de grootste hoeveelheid: 183 mm. Ook andere regenstations in Drenthe kwamen op een regenhoeveelheid van omstreeks 180 mm uit. Zeer nat was het ook op de Veluwe, waar over grote gebieden ongeveer 170 mm werd afgetapt. Dergelijke regenhoeveelheden behoren tot de hoogste die ooit in mei ergens in Nederland zijn gevallen. Gemiddeld over de periode 1951-1980 bedraagt de hoeveelheid regen in mei 52 mm (landgemiddelde). Voor de afzonderlijke plaatsen lopen de regenhoeveelheden uiteen van ongeveer 45 mm (Waddenzeegebied), via 54 mm (De Bilt) tot bijna 60 mm (Limburg).

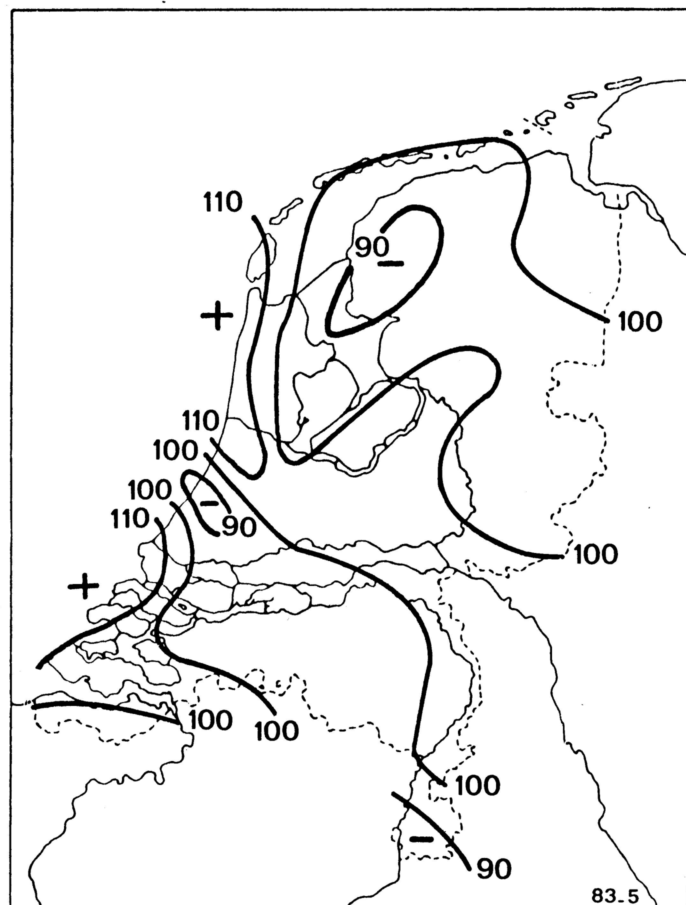


Fig. 1. Verdeling van de zonneschijn in mei (uren). Het normale aantal uren zon loopt uiteen van ongeveer 225 in het noordwesten tot ongeveer 188 in het oosten.

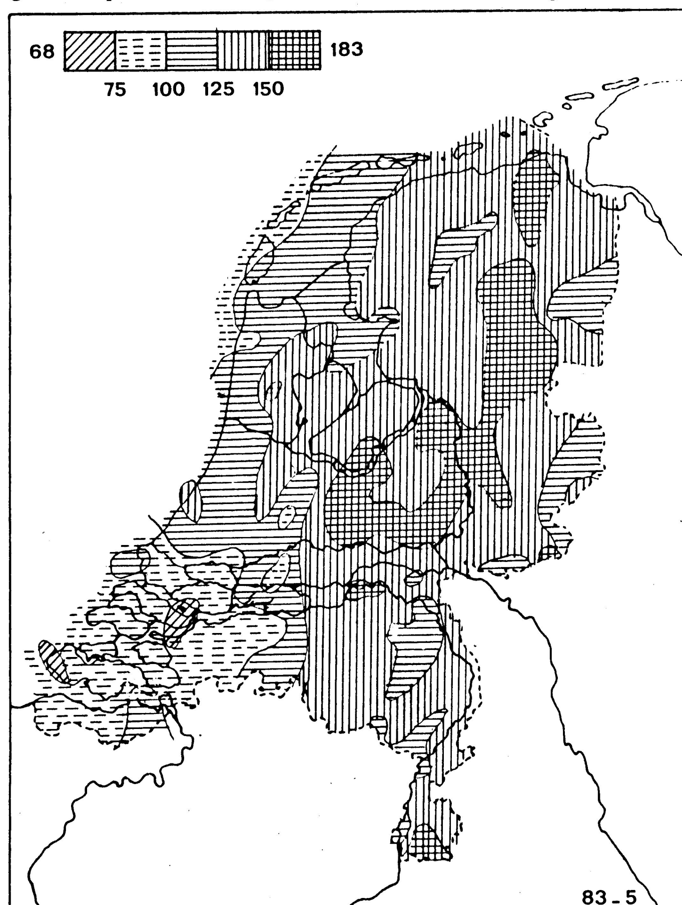


Fig. 2. Verdeling van de neerslag in mei (mm). De normale neerslaghoeveelheid loopt uiteen van ongeveer 45 mm in het noordwesten tot ongeveer 60 mm in Zuid Limburg.

Somberste mei-maand

Mei was ook zeer somber. De zon scheen gemiddeld over het gehele land slechts 105 uren tegen ongeveer 210 uren normaal. Het oude record was 130 uren in mei 1923. Voor De Bilt zijn de getallen 104 uren in mei 1983 en 114 uren in mei 1923. Een zo gering aantal uren zon komt gemiddeld voor in maart. In mei waren zes dagen zonloos; niet zo'n grote bijzonderheid, mei 1962 en mei 1963 hadden er elk ook zes, mei 1978 had er vijf. Gemiddeld over de periode 1951-1980 bedraagt het aantal zonloze dagen in mei voor De Bilt twee.

Mei was niet alleen in Nederland te koud en veel te nat. Geheel Zuidwest Europa leed onder dit euvel. De grootste afwijking van de gemiddelde temperatuur was −3 °C in Noord Spanje en Noordoost Frankrijk. Daarentegen waren Oost Europa en Noord Scandinavië gemiddeld nogal warm, met een grootste afwijking van de gemiddelde temperatuur van + 3 °C, een verschil van zes graden met zuidwest Europa. Siberië en Noord Amerika waren gemiddeld echter veel te koud, zodat de temperatuur gemiddeld over het Noordelijk halfrond in mei te laag bleef.
Meer dan twee maal de normale hoeveelheid neerslag viel er in de landen rond de Noordzee en de Oostzee, en aan de westkust van Portugal. Het Middellandse Zeegebied was in mei echter droger dan normaal.

Lage druk boven Britse Eilanden

Gedurende 18 dagen (van 5 tot en met 22 mei) was een lagedrukgebied boven de Britse Eilanden bepalend voor het weer in Nederland. Dit circulatiepatroon is bekend als TB of TrW (resp. lagedrukgebied boven de Britse Eilanden en Trog West). Het laatste duidt op een zuidwaartse uitstulping van de straalstroom. De ons land binnenstromende lucht was op 28 dagen van maritiem polaire oorsprong. Deze lucht komt van het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan en is meestal onstabiel. De lucht bereikte ons doorgaans met een zuidelijke wind via een grote omweg over Frankrijk. Alleen op 6, 7 en 31 mei was de binnenstromende lucht van continentaal tropische oorsprong, wat overigens alleen op 31 mei merkbaar was.

Lente 1983

Doordat ook maart en april nat en somber waren kon mei een stempel drukken op de lente als geheel. De lente van 1983 was de natste en tegelijk de somberste van deze eeuw en de natste sinds het begin van de landelijke waarnemingen van de neerslag in 1849 (de registraties van de zonneschijn begonnen eerst in 1899). De hoeveelheid neerslag (landgemiddelde) bedroeg 297 mm tegen ongeveer 150 mm gemiddeld over de periode 1951-1980. In Drenthe overschreed de hoeveelheid neerslag plaatselijk 400 mm.

In 1979 kwam de neerslag in de lente op gemiddeld 260 mm. Gemiddeld over het gehele land scheen de zon in de lente van 1983 gedurende 320 uren. In de lente van 1937 was dat 330 uren. Zeventien dagen in de lente van 1983 waren zonloos tegen elf gemiddeld in de periode 1951-1980. De gemiddelde temperatuur van de lente (landgemiddelde) was precies normaal (8,3 °C), doordat maart en april warmer waren dan gewoonlijk. Er kwam opvallend veel onweer voor, vooral in maart en april. Het onweerde op 37 dagen ergens in Nederland tegen op 26 dagen normaal, een duidelijke indicatie voor de onstabiliteit van de aangevoerde luchtmassa's.
Op 12 mei (Hemelvaartsdag) deed zich een zeer bijzonder verschijnsel voor. Een minidepressie trok met grote snelheid langs de Nederlandse kust na via het Kanaal en het Nauw van Calais te zijn genaderd, zodat zijn activiteit tevoren moeilijk kon worden afgeschat. Boven de kustgebieden in het westen van Nederland stak een volle storm op die plaatselijk windkracht tien bereikte maar na twee uur alweer was uitgewoed. Aan deze minidepressie zal in een afzonderlijk artikel uitvoerig aandacht worden besteed.
Bij uitzonderlijke maanden zoals deze meimaand is het regel dat er naar de oorzaak van het bijzondere weer wordt gevraagd. Dikwijls tracht men het dan te koppelen aan eerder opgetreden bijzondere natuurverschijnselen zoals de explosieve uitbarsting van de Mexicaanse vulkaan El Chicon (april 1982) of de komst van een warme zeestroom langs de Peruaanse kust (El Niño), die op een ongebruikelijk vroeg tijdstip begon (december 1982), ongeveer een half jaar eerder dan gewoonlijk. Over de mogelijke invloed van deze natuurverschijnselen op het weer zal in de komende nummers van Zenit nog uitvoerig worden bericht. Maar afgezien hiervan moeten we bedenken dat maanden zoals mei 1983 ook door een toevallige samenloop van omstandigheden kunnen worden veroorzaakt. Maanden met bijzondere weersomstandigheden in het verleden kunnen slechts voor een deel met bijzondere natuurverschijnselen worden gecorreleerd. Zeer vele kleine oorzaken kunnen leiden tot een extreme situatie, die zichzelf door terugkoppeling continueert. De mechanismen, die het 'gewone weer' (hoe vaak komt dat voor?) veroorzaken kunnen ook de extreme weersomstandigheden tot stand brengen.

Stichting Ruimte-Onderzoek Nederland (SRON) opgericht

Op vrijdag 10 juni 1983 werd ten kantore van notaris Mr. J. W. Meuter in Den Haag de Stichting Ruimte-Onderzoek Nederland (SRON) opgericht, die als Z.W.O.-stichting de belangen van het Nederlandse ruimteonderzoek zal gaan behartigen. Bij deze oprichting waren vertegenwoordigd het Minis-

H. Wittenberg

terie van Onderwijs en Wetenschappen, de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) en het bestuur en directie van de nieuwe stichting. Behalve voor de Nederlandse naam is de afkorting SRON eveneens passend voor de Engelse naam van de stichting: *Space Research Organisation Netherlands.* De nieuwe stichting zal het werk voortzetten dat tot heden is verricht onder auspiciën van de Commissie voor Geofysica en Ruimte-Onderzoek (GROC), die aan het einde van 1983 zal ophouden te bestaan. Al het wetenschappelijk onderzoek in en met ruimtevoertuigen zal onder SRON ressorteren of worden gecoördineerd. Toepassingsonderzoek of technisch gericht onderzoek valt buiten het gebied van SRON.

Een korte historische terugblik op GROC kan dienen als introductie tot de nieuwe organisatie. De GROC werd in 1960 ingesteld door de Koninklijke Nederlandse Akademie voor Wetenschappen (KNAW), waarmee de voorzetting werd beoogd van onderzoek waaraan ons land in het kader van het Internationale Geofysische Jaar 1957-58 had deelgenomen. Doel destijds was het tot ontplooiing brengen van de pas geopende mogelijkheden voor ruimteonderzoek voor de Nederlandse wetenschap. Binnen verschillende universitaire instellingen kregen deze nieuwe mogelijkheden de aandacht, hetgeen leidde tot de instelling en geleidelijke opbouw van vier GROC-werkgroepen met hun laboratoria:

- Ruimte-Onderzoek Zon en Sterren (ROZS, Laboratorium voor Ruimte-Onderzoek, LRO) in Utrecht,
- Kosmische Straling (KOS) in Leiden (aanvankelijk in Delft),
- Fotometrie (FOT) in Groningen,
- Satellietgeodesie (SAT) in Delft.

Tot de oprichters van GROC behoorden onder meer prof. dr. H. C. van de Hulst en prof. dr. C. de Jager, die tot heden nog steeds een belangrijke rol in het Nederlandse ruimteonderzoek vervullen.
De GROC, waarin leden uit diverse takken van wetenschap en techniek zitting hadden, kreeg tot taak de begeleiding van het onderzoek van de werkgroepen. Daartoe werden werkplannen en begrotingen via de KNAW bij het Ministerie van O & W ingediend. De gelden die in het begrotingsartikel Nationaal Ruimte-onderzoek beschikbaar waren gesteld, werden toegekend aan de universitaire instellingen waar de werkgroepen waren gehuisvest. Het personeel van de werkgroepen werd in dienst genomen door deze instellingen, die derhalve het beheer over personele en materiële middelen van de werkgroepen kregen toegewezen. De gekozen hybride structuur bood destijds de beste mogelijkheden om snel met het onderzoek van start te gaan en heeft meer dan twintig jaar op de beschreven wijze gefunctioneerd.
Onder de auspiciën van de GROC is het Nederlandse ruimteonderzoek tot grote bloei gekomen, in het bijzonder op het gebied van de astronomie en de satellietgeodesie. Ter illustratie hiervan is bij dit artikel een lijst van de nationale en internationale satellietprojecten opgenomen waarvoor door de astronomische werkgroepen instrumenten zijn ontwikkeld. Instrumenten die met succes hun waarnemingen in de ruimte hebben verricht of nog steeds ver-

richten. Daarnaast zijn experimenten uitgevoerd met gebruikmaking van sondeerraketten, ballonnen en vliegtuigen. Ook de werkgroep Satelliet-geodesie wist zich een plaats in het internationale milieu te veroveren, onder meer door het lasermeetstation in Kootwijk, daarbij samenwerkend met de sectie Baanmechanica van één der vakgroepen van de Afdeling der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TH Delft. Het spreekt wel van zelf dat ook de astronomische werkgroepen nauwe contacten onderhouden met de betrokken universitaire vakgroepen op hun gebied. Dit was destijds ook de reden tot de spreiding van de werkgroepen over de diverse universiteitssteden; een spreiding die ook in het kader van SRON zal worden gehandhaafd.
Gedurende de laatste jaren ontstond in de betrokken kringen behoefte om de destijds als tijdelijk bedoelde structuur voor het ruimteonderzoek een hechter organisatorisch fundament te verschaffen. Hiertoe werd in 1981 een taakgroep ingesteld door het Ministerie van O & W, waarin zowel vertegenwoordigers van dit Ministerie als van Z.W.O. en GROC zitting hadden. Later werd de taakgroep uitgebreid met vertegenwoordigers van de betrokken universitaire instellingen. Het werk van deze taakgroep heeft geresulteerd in de oprichting van de nieuwe Z.W.O.-stichting SRON als opvolger van GROC. (Onder Z.W.O. vallen bijv. ook de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg (SRZM) en de Stichting Astronomisch Onderzoek in Nederland (ASTRON), die de Z.W.O.-subsidies voor universitair astronomisch onderzoek beheert).
De statuten van SRON vermelden als doel:
'het bevorderen, coördineren en doen uitvoeren van wetenschappelijk ruimteonderzoek in Nederland, en het bevorderen van overdacht van de verworven kennis en kunde naar samenleving en bedrijfsleven, in het bijzonder in Nederland.'
De Stichting heeft tot taak het opstellen, begeleiden en bewaken van het nationale programma voor wetenschappelijk ruimteonderzoek in brede zin, alsmede het uitbrengen van adviezen daaromtrent. Een deel van dit onderzoek zal worden uitgevoerd in het Nationaal Instituut voor Wetenschappelijk Ruimteonderzoek van SRON, waarin de drie huidige werkgroepen van de GROC te Utrecht, Leiden en Groningen zijn ondergebracht met een totale personeelssterkte van ruim 140 personen, waaronder ca. 40 academici. Naast het begeleiden van het onderzoek door het Nationaal Instituut zal SRON echter een bredere taak krijgen, die ook in de Ruimtevaartnota (door de regering in 1982 uitgebracht) is omschreven, nl. het bevorderen van ruimteonderzoek op andere gebieden dan de astronomie zoals bijvoorbeeld biologisch en fysisch onderzoek bij micrograviteit en onderzoek van de hoge atmosfeer. Zo neemt SRON ook de taak van de GROC over t.a.v. de satellietgeodesie in de vorm van een samenwerkingsovereenkomst met de Technische Hogeschool, waaronder het werk van de voormalige SAT-werkgroep sinds 1981 wordt gecontinueerd. Voorts zal SRON adviseren over de wijze waarop ons land aan het wetenschappelijk ruimteonderzoekprogramma van ESA zal deelnemen en ook als nationaal contactpunt voor ruimteonderzoek tegenover buitenlandse organisaties fungeren.

Het eerste Bestuur van SRON bestaat uit de volgende leden: Prof. Ir. H. Tennekes (KNMI), die de taak van voorzitter op zich heeft genomen, Prof. Dr. E. P. J. van de Heuvel (Universiteit van Amsterdam), Prof. Dr. H. C. van de Hulst (Universiteit van Leiden), Dr. Ir. H. Kramers (oud-lid Raad van Bestuur AKZO en adviseur van GROC t.a.v. contractwerk), Prof. Ir. H. Wittenberg (Technische Hogeschool Delft). Als directeur van het Nationaal Instituut is dr. ir. J. A. M. Bleeker (tot heden werkgroepleider KOS) benoemd, die per 1 september 1983 ook de leiding van het Laboratorium voor Ruimte-Onderzoek in Utrecht van prof. De Jager heeft overgenomen. Het bestuur van SRON zal worden bijgestaan door een Wetenschappelijke Raad, waarin deskundigen van de diverse bij het ruimteonderzoek betrokken disciplines zitting zullen nemen. Voorzitter van de Raad is prof. Van de Hulst.
Directie en Secretariaat van de Stichting SRON zijn gevestigd in het Laboratorium voor Ruimte-Onderzoek, Beneluxlaan 21, 3557 HS Utrecht.

Met de oprichting van SRON is een belangrijke stap gezet op de weg die het Nederlandse ruimteonderzoek in de toekomst zal gaan en waarvoor de GROC de fundamenten heeft gelegd. Veel inspanning zal nodig zijn van allen die bij de SRON zijn betrokken, om het Nederlandse ruimteonderzoek in de komende jaren in stand te houden en tot verdere bloei te brengen in samenwerking met de universitaire en andere onderzoeksinstellingen in ons land. Bij de oprichting van SRON moge hierbij de wens worden uitgesproken dat deze inspanningen zullen leiden tot verdere belangrijke bijdragen van het Nederlandse ruimte-onderzoek aan de samenleving in het algemeen en de wetenschap in het bijzonder.

Prof. Ir. H. Wittenberg is verbonden aan de Afdeling der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TH Delft.

Satelliet-experimenten van GROC-werkgroepen.

satelliet (ruimtevoertuig	lancering	experiment op gebied van	werkgroep
OGO-5 (NASA)	1968	elektronen, kosmische straling	KOS
ESRO-2 (ESRO)	1968	zachte röntgenstraling van zon	ROZS
TD-1 (ESRO)	1972	harde röntgenstraling van zon en ultravioletsterspectroscopie	ROZS
ESRO-4 (ESRO)	1972	protonen van zonnevlammen	ROZS
ANS (Ned.)	1974	ultraviolet-sterfotometrie en röntgenstraling van galactische bronnen	FOT en ROZS
COS-B (ESA)	1975	gamma-straling van galactische bronnen	KOS met partners
ISEE-3 (NASA)	1978	deeltjesstraling van zonnevlammen	ROZS
Einstein (NASA)	1978	röntgentraliespectroscopie	ROZS
Solar Maximum-Mission (NASA)	1980	afbeelding zonnevlammen en röntgenspectra	ROZS met partners
IRAS (Ned./USA/UK)	1983	infraroodbronnen	FOT met partners
EXOSAT (ESA)	1983	zachte galactische röntgenstraling	ROZS/KOS met partners

Heelal

Uit de inhoud van het novembernummer:
– Wolf-Rayet sterren (P. Debergh).
– De linnélegende (L. Aerts).
– Van rechthoekige coördinaten naar poolcoördinaten (J. Meeus).
– De jeugdjaren van Edward Emerson Barnard (L. Aerts).

Verenigingsraad NVWS

Zaterdag 26 november 1983 zal in het Jaarbeurscongrescentrum te Utrecht (Croeselaan 6) de 12e verenigingsraad worden gehouden, aanvang 14.00 uur.
Agenda: 1. Opening. 2. Ingekomen stukken/mededelingen. 3. Verslag 11e vergadering. 4. Bestuursmutaties: Afscheid van ir. H. Wessels als hoofdbestuurslid en benoeming van dr. J. Luurs als hoofdsbestuurslid in de funktie van vice-voorzitter. 5. Public Relations NVWS. 6. Boek Verheyen – 30 jaar Weer- en Sterrenkunde. 7. Rondvraag en sluiting. Na afloop een voordracht.
A. H. v.d. Brugge (secretaris)

KORTE BERICHTEN

Kolossale onweersbui op Saturnus

De twee Amerikaanse Voyager-ruimteschepen namen tijdens hun passage van de planeet Saturnus opmerkelijke radiosignalen waar. Het *Planetary Radio Astronomy Instrument* aan boord van de ruimtesondes ontving een soort ruis, die enigszins deed denken aan wat je op een autoradio hoort wanneer je door een onweersbui rijdt. De kortdurende signalen, met frequenties tussen 20 kHz en 40 MHz, waren steeds ongeveer zeven uren lang te horen, waarna ze gedurende ca. drie uur wegvielen. Blijkbaar bevond de bron van de radiostraling zich periodiek achter de planeet. In eerste instantie dacht men te maken te hebben met een of ander onbekend object ergens in de B-ring van Saturnus; de periode waarmee de signalen zich herhaalden (10 uur en 10 minuten) kwam namelijk overeen met de omlooptijd van het midden van de B-ring. Recente studies wijzen echter uit dat de radiobron zich onmogelijk in de ringen kan bevinden: de 'bedekkingsperiode' door de planeet zou dan korter moeten zijn. Een onweersbui in de wolkentoppen van Saturnus biedt echter ook geen oplossing: de periode zou dan gelijk moeten zijn aan de rotatieperiode van de planeet (ca. 10 uur en 40 minuten) en de radiobron zou voor ongeveer de helft van de tijd achter de Saturnusbol verscholen moeten gaan.
Een nauwkeurige analyse van de Voyagermetingen door M. L. Kaiser, J. E. P. Courtney en M. D. Desch van NASA's *Goddard Space Flight Center* heeft nu de aard van de radiobron aan het licht gebracht: een immens grote onweersbui, die zich over een afstand van zo'n 65 000 kilometer iets ten noorden van de evenaar van Saturnus uitstrekt, dus over ca. 60° rond de planeetbol. Door de enorme uitgestrektheid van het buiencomplex is het ene uiteinde voor een passerend ruimteschip al weer 'in zicht' enkele uren nadat het andere uiteinde achter de planeetrand is verdwenen. Bovendien bevindt het buiencomplex zich in de equatoriale straalstroom van Saturnus, waar windsnelheden tot 1600 km/uur voorkomen, en is de omloopperiode van het weerssysteem dus niet gelijk aan de rotatieperiode van de planeet.
Op de Voyagerfoto's is van het onweersgebied niets terug te vinden: de structuren hoog in de wolkentoppen van Saturnus gaan voor een belangrijk deel schuil onder een dikke dampkringlaag, waardoor optische waarnemingen sterk bemoeilijkt worden.
Er moet niet uit het oog verloren worden dat deze Saturnus-onweersbui uit totaal andere wolkensoorten is opgebouwd dan de aardse onweersbuien, die voornamelijk uit water bestaan.
Momenteel probeert men de radiosignalen ook op aarde te ontvangen met behulp van radiotelescopen in New Mexico, Frankrijk en Chili.
(GS/*NASA-News* 83-71)

Gehalte aan foto-oxidanten neemt toe

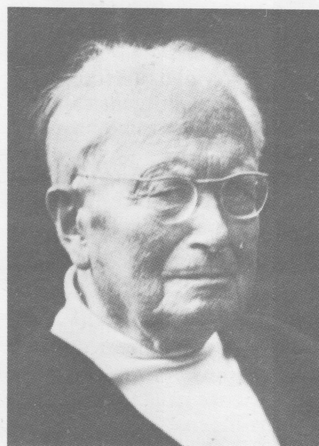
In de laatste jaren neemt het gehalte aan foto-oxidanten in de atmosfeer onrustbarend toe. Foto-oxidanten zijn stoffen die zich onder invloed van zonlicht vormen met stikstofoxiden als zuurstofleverancier. Tot de belangrijkste van deze stoffen behoren peroxiacetylnitraat (PAN) en ozon (drie-atomige zuurstof, O_3). In Nederland zijn het verkeer en het stoken met aardgas de belangrijkste bronnen van stikstofoxiden (NO, NO_2, N_2O_5, . . .), kortweg aangeduid als NO_x.
Ozon en PAN zijn chemisch zeer reactieve stoffen (met oxiderende werking), die prikkelend zijn voor de slijmvliezen van ogen en ademhalingsorganen. Enkele onderzoekers zijn van mening dat vooral deze stoffen het sterven van de Europese bossen veroorzaken en dat de toegenomen zuurgraad van de regen hierbij nauwelijks een rol speelt. Onder invloed van PAN en ozon wordt het chlorofyl in de bladeren (naalden) afgebroken. Deze vergelen en vallen af. PAN en ozon zijn bedrieglijke stoffen. Zij veroorzaken onder andere de frisse geur van in de zon gebleekt wasgoed. Ook kan men deze typische geur dikwijls opmerken in de eerste ochtenduren bij zonnig en stil weer en een vrij hoge relatieve vochtigheid.
PAN en ozon waren destijds de veroorzakers van de beruchte Los Angeles-smog. Dit is een prikkelende, maar betrekkelijk ijle mist, die voor lijders aan longziekten en bronchiale aandoeningen onverdraaglijk was. In Los Angeles heeft deze mist geleid tot allerlei beperkende maatregelen, die in Europa (nog) niet van kracht zijn. Het toenemen van de gehalten aan PAN en ozon in de atmosfeer is uitsluitend te wijten aan menselijke activiteiten. Niet alleen het gehalte aan deze stoffen in de atmosfeer neemt toe, ook het gehalte aan zwaveldioxide en koolwaterstoffen, eveneens indicatoren voor de menselijke bedrijvigheid.

(BZ/*Nature* **302**, no. 5906, 1983)

Otto Heckmann overleden

Op 13 mei 1983 overleed de Duitse astronoom Otto Heckmann. Hij was vooral bekend door zijn werk op het gebied van de astrometrie (het meten van sterposities) en zijn onderzoek op het gebied van de kosmologie en de relativiteit. Wat het eerste betreft was hij de grote initiator van de derde AG Catalogue *(AG = Astronomische Gesellschaft),* die in het midden van de jaren zestig werd voltooid. Aan dit monumentale werk, het fotograferen en in kaart brengen van de sterren op het noordelijk halfrond, werd deelgenomen door sterrenwachten in Canada, Frankrijk, Groot-Brittannië, Oost- en West-Duitsland, de Verenigde Staten en de Sovjetunie.
Op het gebied van de kosmologie deed Heckmann al in de jaren dertig baanbrekend werk. Hij bewees dat het heelal volgens de algemene relativiteitstheorie zowel open (hyperbolisch) als gesloten (sferisch) kan zijn, wanneer men tenminste aanneemt dat de materie in het heelal homogeen is verspreid en in alle richtingen dezelfde eigenschappen heeft. In de jaren vijftig vond hij, in samenwerking met E. Schücking, dat een uitdijend heelal een absolute rotatie zou kunnen hebben.

Otto Heckmann



Otto Hermann Leopold Heckmann werd in 1901 geboren in het Duitse Opladen. Hij werkte aan de universiteitssterrenwacht van Bonn en daarna aan die van Göttingen, waar hij vanaf 1935 hoogleraar was en vanaf 1939 tevens directeur. Van 1941 tot 1962 was hij directeur van de sterrenwacht te Hamburg-Bergedorf. Daarna was hij tot 1969 directeur-generaal van de ESO, de Europese zuidelijke sterrenwacht op La Silla in Chili.

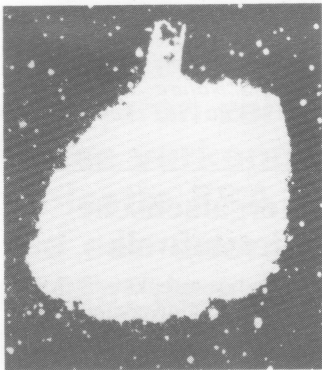
(GB/*ESO Messenger,* no. 33, september 1983)

Zuidpoolconferentie: geen resultaten

Op de conferentie over de toekomst van het Zuidpoolgebied, die van 11 tot 22 juli 1983 in Bonn werd gehouden, is geen enkel resultaat bereikt over een wettelijk systeem waarin de exploitatie van de minerale rijkdommen van Antartica wordt geregeld. Het grote struikelblok was de territoriale aanspraak van een aantal landen op het Zuidpoolgebied, terwijl andere landen dit gebied juist tot een 'open regio' willen verklaren. Territoriale aanspraken maken Argentinië, Chili, Engeland, Australië, Frankrijk, Nieuw-Zeeland en Noorwegen. Hiertegen verzetten zich België, West-Duitsland, Polen, Zuid-Afrika, Japan en de Verenigde Staten. Andere controversen bestaan over de rol die de Derde Wereld in Antartica kan spelen en over de milieuproblematiek. Een lichtpuntje is dat de veertien deelnemende landen hun overleg over de toekomst van het Zuidpoolgebied waarschijnlijk in 1984 zullen voortzetten.
Ondertussen heeft Greenpeace, die fel gekant is tegen eventuele winning van delfstoffen op Antarctica, gedurende de conferentie voor het conferentiegebouw gedemonstreerd. Deze groepering steunt een plan dat Nieuw-Zeeland al in 1975 aankaartte bij de Verenigde Naties. Daarin wordt voorgesteld om van het Zuidpoolgebied één groot wereldnatuurpark te maken.
(BZ/AP, juli 1983)

Het spoor van de Krab

De beroemde Krabnevel in de Stier heeft een merkwaardige uitstulping. Deze bevindt zich aan de noordelijke rand van de nevel en strekt zich over een afstand van ca. 75 boogseconden naar buiten toe uit (de nevel zelf is min of meer bolvormig, met een diameter van 6 à 7 boogminuten). De breedte van de uitstulping bedraagt ca. 45 boogseconden en het opmerkelijke is dat het object heldere, evenwijdige randen heeft, alsof het een cilindervormige structuur heeft. Het staat daarmee in scherp contrast met de nevel zelf, die uit onregelmatige, draadvormige filamenten bestaat. De mogelijkheid is nu geopperd dat het hier zou gaan om het spoor dat is achtergelaten door de ster die uiteindelijk in 1054 als supernova de Krabnevel deed onstaan.
De merkwaardige uitstulping was al ontdekt in 1970 door Sidney van den Bergh. Hij vertoont zich echter pas in volle duidelijkheid op de foto's die in 1982 werden gemaakt door T. Gull en R. Fesen van NASA's *Goddard Space Flight Center.* Hun opnamen werden gemaakt met de 0,9 meter telescoop van de Kitt Peak-sterrrenwacht, voorzien van een zeer gevoelige beeldversterker, door filters die alleen straling van bepaalde golflengten doorlieten. Vergelijking van deze opnamen bracht aan het licht dat de straling van de uitstulping hoofdzakelijk afkomstig is van geïoniseerde zuurstofatomen. De opnamen laten ook zien dat het verlengde van de uitstulping niet naar het explosiecentrum van de Krabnevel wijst en niet met een of andere structuur in de nevel zelf in verband kan worden gebracht.
R. Blandford en zijn collega's van de universiteit van Californië hebben nu de theorie naar voren gebracht dat de cilindervormige uitstulping het spoor is van de ster die in 1054 supernova werd. Deze supernova was van het type II, d.w.z. dat het een zware, jonge ster was die rijk was aan zware elementen. Vlak voordat de ster zichzelf opblies, doorliep hij vermoedelijk het stadium van rode reus, waarbij aanzienlijke hoeveelheden massa zouden zijn weggestroomd. Tijdens de beweging van de ster door de ruimte zou dit afgestoten materiaal uiteindelijk in de interstellaire materie tot stilstand zijn gekomen, waardoor er langs het traject van de rode reus een soort holle cilinder van gas zou zijn gevormd. De miswijzing van de





cilinder ten opzichte van het explosiecentrum van de nevel zou een gevolg kunnen zijn van de verschillende interstellaire 'winden' langs het traject. Toen uiteindelijk in 1054 de Krabnevel zelf ontstond, heeft deze door zijn expansie het laatste deel van het spoor van de rode reus uitgewist.
Stersporen van het hier voorgestelde type zouden veel kunnen voorkomen. Statistisch gezien zouden de meest nabije op minder dan 200 lichtjaar van ons vandaan kunnen staan (de Krabnevel staat op een afstand van 6500 lichtjaar). Een speurtocht naar zulke sporen, die men dus bij rode reuzen zou moeten zoeken, zou zeer de moeite waard kunnen zijn. We zouden dan meer te weten kunnen komen over het massaverlies bij geëvolueerde sterren, over de snelheden van de interstellaire materie en over de verdampingssnelheid van gasschillen hierin.
(GB/*Astrophysical Journal Letters,* 15 september 1982; *Nature,* 17 februari 1983)

Raadsel P Cygni opgelost

Op 18 augustus 1600 ontdekte de Hollandse cartograaf en sterrekundige Willem Jansz. Blaeu in het sterrebeeld De Zwaan een ster op een plaats waar voorheen niets te zien was. Deze ster, die later de naam P Cygni kreeg, heeft de sterrekundigen tot op de huidige dag verbaasd, vooral om de onregelmatige helderheidswisselingen die hij vertoonde. Daarbij werd de ster zelfs af en toe geheel onzichtbaar. Na ca. 1800 heeft de ster, die bij zijn ontdekking roodachtig van kleur genoemd werd maar die nu eerder blauwwit is, een middelmatige helderheid; hij vertoont nog maar geringe lichtvariaties.
P Cygni was in 1969 onderwerp van het proefschrift van de Nederlandse sterrenkundige M. de Groot uit Utrecht (thans directeur van de Armagh-sterrewacht in Noord-Ierland), die aantoonde dat gas de ster verlaat met een snelheid van ca. 300 km/s, en dat tenminste drie gas-schillen om de ster voorkomen. In 1982 ontdekte de Duitse radiosterrenkundige Wendtker op veel grotere afstand van P Cygni een halfboogvormige gaswolk die er uitziet als een boeggolf en die zich uitstrekt tot een afstand van ca. 1,3 lichtjaar van de ster. Dit was voor de sterrenkundigen Lamers (Utrecht), De Groot (Armagh) en Cassatella (Madrid) aanleiding het object opnieuw te onderzoeken, ditmaal op grond van nieuwe metingen, verkregen met de Europees-Amerikaanse ruimte-telescoop *International Ultraviolet Explorer.* Deze metingen hebben niet alleen geleid tot nieuwe en betere bepalingen van de huidige temperatuur en lichtsterkte van de ster, maar hebben ook een antwoord mogelijk gemaakt op de vraag waarom de ster in 1600 zo plotseling zichtbaar werd.
P Cygni staat op een afstand van ongeveer 6000 lichtjaar. De ster was bij zijn ontstaan 60 maal zo zwaar als de zon en had toen een oppervlaktetemperatuur van ca. 30.000 graden. Per tienduizend jaar verloor hij ongeveer één zonsmassa aan uitgestoten gas. Hij straalde 500.000 maal zo veel licht uit als de zon. Deze straling ontstond bij atoomkernovergangen in het binnenste van de ster, waarbij waterstof in helium werd omgezet, een proces dat voortduurde tot het binnenste van de ster geheel uit heliumgas bestond. In dat stadium (ca. 30.000 jaar geleden) was de ster nog 50 maal zo zwaar als de zon, en was hij opgeblazen tot de bijna onvoorstelbaar omvang van tweeduizend maal die van de zon. Door die grote omvang had hij toen nog maar een oppervlaktetemperatuur van 4000 graden. Eveneens door de grote omvang werd het gas in de atmosfeer nog maar zwakjes door de ster aangetrokken. Hierdoor konden grote hoeveelheden gas uit de buitendelen wegvliegen; in totaal bedroeg het massaverlies in die episode 15 zonsmassa's. Het gas vloog weg met een snelheid van ca. 25 km/s. Dit uitgestoten en nog verder afgekoelde gas verdichtte zich tot stofwolken die de ster tijdelijk, waarschijnlijk gedurende enkele duizenden jaren, onzichtbaar maakten. De ster zelf werd in die fase langzamerhand opnieuw heter doordat zich in het binnenste van de ster helium begon om te zetten in koolstof, waarbij veel straling werd uitgezonden. Tenslotte werd de ultraviolette straling zo sterk dat het stof rondom de ster weer tot atomen werd afgebroken. Het verschijnen van de ster in het jaar 1600 kan zo verklaard worden doordat de ster vrij plotseling zichtbaar werd door de verdwijnende stofschillen heen. Omdat in die stofschillen aanvankelijk nog wolkachtige structuren voorkwamen kon het voorkomen dat die de ster af en toe nog bedekten. Dit verklaart de sterke helderheidswisselingen in de 17e eeuw. Het aanvankelijk nog aanwezige stof deed de ster rood van kleur schijnen (eenzelfde effect als het rood-verkleuren van de ondergaande zon door deeltjes in de aardatmosfeer). Toen al dit stof tenslotte was afgebroken werd pas de werkelijke blauw-witte kleur van de ster zichtbaar. De gaswolk om de ster die door Wendtker ontdekt is, ontstond toen de ster in zijn rode-reuzenstadium gas begon uit te stoten. Daar de ster tegelijk met een snelheid van 140 km/s door de ruimte vliegt, heeft het uitgezonden gas nu een boogvorm aangenomen, enigszins lijkend op de boeggolf van een schip dat door het water vaart.
(Persbericht Ned. Commissie voor Geofysica en Ruimteonderzoek)

Explosies op de zon na bombardering van oppervlak

In februari 1980 lanceerde de NASA een grote, 4000 kg wegende satelliet voor het onderzoek van de zon: de *Solar Maximum Mission.* Dit ruimte-observatorium was voornamelijk ontworpen voor het onderzoek van zonnevlammen: kortstondige processen op de zon waarbij een immense hoeveelheid energie uitgestraald wordt, zowel in de vorm van energierijke straling (röntgenstraling) als in de vorm van wolken deeltjes die de Zon met zeer grote snelheden verlaten. Eén van de belangrijkste instrumenten aan boord van de *Solar Maximum Mission* is een telescoop die iedere 1½ seconde een serie van zes afbeeldingen in röntgenlicht van een zonnevlam kan maken; deze straling heeft een

grote energie en wordt gewoonlijk alleen uitgezonden door gassen met temperaturen van tientallen miljoenen graden. Deze telescoop, met de codenaam HXIS, werd ontworpen en grotendeels gebouwd door medewerkers van het Laboratorium voor Ruimteonderzoek te Utrecht.
Bestudering van het omvangrijke waarnemingsmateriaal dat door HXIS is verzameld, heeft een tot dusver onbekend verschijnsel aan het licht gebracht: explosies op het zonsoppervlak na beschieting ervan door atomaire deeltjes die tijdens de vorming van zonnevlammen zeer grote snelheden hebben gekregen. Zonnevlammen blijken te ontstaan in grote, tienduizenden kilometers lange bogen die zich boven het zonsoppervlak verheffen en waardoor sterke elektrische stromen lopen. Bij een verstoring van die stroombogen – men zou die verstoringen 'kosmische kortsluitingen' kunnen noemen – worden elektrische velden van honderdduizenden tot miljoenen volts gevormd. Elektrisch geladen deeltjes, vooral de elektronen van het zonnegas, krijgen in dat veld grote snelheden. Wanneer deeltjesbundels met die snelheden het zonsoppervlak treffen, wordt het zonsoppervlak plaatselijk verhit, en wel tot temperaturen van 20 tot 30 miljoen graden: soms worden wel eens waarden boven honderd miljoen graden bereikt. Het is nu gebleken dat dit aldus verhitte gas onmiddellijk daarna vrijwel explosief zal uitzetten. In één geval, in een zonnevlam die op 12 november 1980 te 2^h50^m optrad, was de snelheid van de explosie ca. 50 km/s maar in een vlam die een halve dag eerder in het zelfde gebied optrad (11 november 1980, 17^h25^m uur) explodeerde het zonsoppervlak ter plaatse met een snelheid van 1800 km/s. Na een dertigtal seconden was de explosiesnelheid afgenomen tot 500 km/s.
(Persbericht Ned. Commissie voor Geofysica en Ruimteonderzoek)

Nieuwe snelle pulsar blijkt dubbelster

Op posities waar de COS-B (een satelliet voor gammastraling) puntbronnen had aangetroffen, werd dit voorjaar een zoekactie gestart naar snel roterende pulsars met behulp van de 300 meter radiotelescoop van Arecibo op Puerto Rico. Valentin Boriakoff van de Cornell Universiteit en twee Italiaanse collega's, Rosalino Buccheri en Franco Fauci, ontdekten daarbij een pulsar met een periode van 1/163 seconde. De nieuwe pulsar, P1953+29 (de getallen geven de positie aan de hemel aan), roteert weliswaar langzamer dan de supersnelle pulsar die vorig jaar november werd ontdekt (zie *Zenit* **10**, 174, april 1983), maar hij zal wellicht een duidelijk inzicht verschaffen in het ontstaan van die snelle rotaties. Er is al geopperd dat zo'n snelle rotatie het gevolg zou kunnen zijn van massa-overdracht van een begeleider, waardoor de pulsar als het ware wordt 'opgewonden'.
Volgens dit model zou het oorspronkelijke paar hebben bestaan uit twee sterren van zeer uiteenlopende massa's, waarvan de zwaarste zich via het supernova-stadium tot een neutronenster ontwikkelde. De componenten bewogen hierna in zeer langgerekte banen om elkaar heen. Na een lange tijd werd de begeleider een rode reus, die massa ging verliezen aan de neutronenster. Deze werd hierdoor in zijn draaiing versneld, terwijl zijn baan steeds meer cirkelvormig werd. De begeleider evolueerde daarna verder tot witte dwerg.
Het opmerkelijke van P1953+29 is nu dat hierbij inderdaad een begeleider is aangetoond: de pulsperiode is namelijk niet constant, maar verandert periodiek; een aanwijzing dat er een begeleidend object in de buurt is.
Bestudering van dit object zal meer aan het licht kunnen brengen over het 'opwind'-mechanisme.
De pulsar is de tweede die ontdekt is in het milliseconde-gebied, de derde die in een vrijwel cirkelvormige baan om zijn compagnon heen loopt en de vierde radiopulsar in een dubbelstersysteem. De leeftijd wordt geschat op minstens 167 000 jaar.
Overigens is de nieuw ontdekte pulsar ook op andere gebieden een buitenbeentje: hij zendt radiostraling uit gedurende minstens 42% van zijn omloopperiode, wat erg veel is voor een pulsar. Bovendien is het pulsprofiel sterk afhankelijk van de waarnemingsfrequentie. De pulsar staat op een afstand van ongeveer 11 500 lichtjaar.
Er is weinig kans dat men de witte dwerg-begeleider naast de pulsar zal kunnen waarnemen, aangezien zulke sterren geen energie meer produceren via kerncentrales. Als de bovengenoemde massa-overdracht echter niet te lang geleden stopte (minder dan een miljoen jaar geleden), dan zou de ster in een schil nog waterstof kunnen 'verbranden' en zou hij zelfs vanaf een grote afstand nog optisch waarneembaar moeten zijn.
(GB,GS/*Nature* **304**, p. 417, 4.8.1983 en *NSF-News* PR 83-40)

Intergalactische waterstofwolk

Vier radiosterrenkundigen van de Cornell Universiteit liepen in januari 1983 bij toeval een kolossale intergalactische gaswolk tegen het lijf. Yervant Terzian, Stephen Schneider, George Helov en Edwin Salpeter bestudeerden met de 300 meter radiotelescoop van Arecibo de verdeling van neutraal waterstofgas in enkele sterrenstelsels in het sterrenbeeld Leeuw. De aanwezigheid van dit gas verraadt zich door radiostraling met een golflengte van 21 centimeter. Om de metingen goed te kunnen ijken, richtten zij de telescoop op een stukje 'hemelachtergrond' tussen twee groepen van sterrenstelsels in, om zodoende de sterkte van de 'achtergrondstraling' bij 21 cm vast te stellen. Tot hun grote verbazing vonden ze een immens grote intergalactische wolk van neutraal waterstofgas. De wolk heeft een diameter van minstens 100 kiloparsec (drie maal de diameter van ons Melkwegstelsel) en bevindt zich op een afstand van ca. 10 megaparces (ruim dertig miljoen lichtjaar). De massa aan atomaire waterstof is naar schatting ongeveer 10^9 zonsmassa's; genoeg om een redelijk sterrenstelsel uit op te bouwen. De gemiddelde dichtheid van de wolk is echter niet meer dan 10^{-3} tot 10^{-4} waterstofatomen per kubieke centimeter, en stervorming door zwaartekrachtsinstorting kan pas beginnen bij dichtheden van 10^4 tot 10^6 atomen per kubieke centimeter. Door de uitdijing van het heelal beweegt de waterstofwolk zich van ons af, maar metingen wijzen uit dat de westrand 80 km/s sneller van ons af beweegt dan de oostrand. Met andere woorden: de wolk draait en is dus min of meer in evenwicht. Hieruit volgt dat er een zeer grote hoeveelheid 'onzichtbare' massa aanwezig moet zijn die de wolk bijeen houdt. De *totale* massa van de intergalactische wolk zou hierdoor naar schatting zo'n 10^{11} zonsmassa's bedragen; even veel als de massa van een fors sterrenstelsel.
(GS/*Scientific American* **248**, no. 6, p. 62, juni 1983)

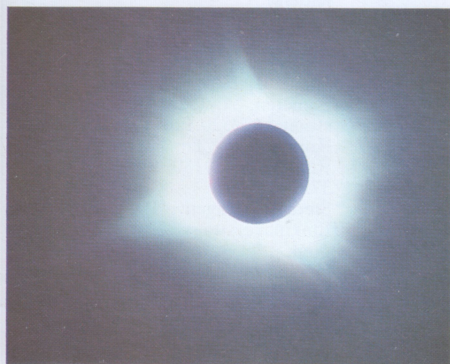


Sterrenkunde-cursus Den Helder

Een aantal afdelingen van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde organiseert elementaire sterrenkundecursussen voor geïnteresseerden. Hierdoor wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan één van de doelstellingen van de NVWS, namelijk het populariseren van de sterrenkunde. Afgelopen voorjaar sloot de afdeling Den Helder bijvoorbeeld zo'n cursus af, waaraan in totaal 36 cursisten deelnamen. De cursus was begin januari ingeleid door Prof. Dr. E. P. J. van den Heuvel, en in de volgende avonden werden allerlei onderwerpen behandeld door bekende sprekers uit de NVWS-sprekerslijst. Een aantal leden van de NVWS-afdeling verzorgde ook een drietal cursusavonden, en als klap op de vuurpijl werd er op 22 april een slotavond gehouden in het Zeiss Planetarium Amsterdam.
Voor NVWS-afdelingen die ook eens willen proberen een cursus voor beginners te organiseren, bestaat de mogelijkheid cursusmateriaal aan te schaffen via Stichting De Koepel.

Nog twee keer de corona

Ingewikkelde apparatuur is niet nodig voor het maken van indrukwekkende foto's van een totale zonsverduistering. Nevenstaande opname werd gemaakt door F. A. M. van der Pluym uit Vlaardingen tijdens de totale zonsverduistering van 11 juni j.l. in Yogyakarta. Van der Pluym gebruikte een 400 mm telelens en een 2 × convertor. Hij belichtte 4 seconden op Kodachrome 64 bij f/13. Er zijn enorm lange uitlopers in de zonnecorona zichtbaar. De onderstaande foto werd gemaakt door H. P. Prinse uit Rotterdam met een 500 mm spiegeltelelens op Ektachrome 400, eveneens vanuit Yogyakarta.





STERRETJES

Te koop aangeboden:

* Dynamax 8 inch Schmidt-Cassegrain teleskoop. In goede staat, met zeer stevige, stalen zuil, drive-corrector, mylar zonnefilter, roodfilter, camera-adapter en drie oculairen. Prijs ƒ 2100,–. P. Koenraad, Vught. Tel. 073-568779. * A 125

* Z.g.a.n. 60 mm refractor, azimuthaal (geen fijnregeling), zoeker 6 × 30, oculairen H 9 mm en K 20 mm, zonnefilter. F = 910 mm. Prijs ƒ 175,–. F. Schepel, Sloep 332, 9732 CW Groningen, tel. 050-411965. * A 126

* Opvallend licht Stereo-microscoop, fabr. C. Baker, London, met oculairen 5×, 10× en 20×, in kist. Prijs ƒ 475,–. Tevens: Decca Astroplot, prijs ƒ 80,–. Tevens: professionele Anemometer, fabr. Munro (alleen roterende opnemer), prijs ƒ 350,–; tevens: ijk-anemometer, Meteor no. 3, prijs ƒ 250,–; tevens: schrijvende temperatuurmeter (7 dagen registratie), prijs ƒ 300,–. Tel.: 071-142777, na 19 uur. * A 127

* Pollux Newton reflector op parallactische montering, met fijnregeling voor uurhoek en declinatie. D = 115 mm, F = 900 mm. Oculairen H 20, H 6 en Polarex OR 4, zoeker 5 × 20 mm. Prijs te bevragen bij M. J. W. Heuvelmans, Kerkstraat 91, 6104 AB Koningsbosch, tel. 04743-1230. * A 128

* 15 cm Kutter telescoop met spiegels van Dekker (Opticon) en met Polaris focusseerinrichting, aluminium buis (lichtgewicht). Eventueel met zenitprisma en oculairen. Tevens te koop een sterrenglobe ⌀ 34 cm, merk Columbus, met verlichting. Prijzen n.o.t.k. H. Olthof, Hoogstraat 29, Steenderen. Tel. 05755-1371. * A 129

* Te koop de volgende boeken:
– Bodifée, Dethier, Wojciulewitsch, Algemene Sterrenkunde, Groningen 1977, 406 pag.
– Schaifers, Meyers Handbuch über das Weltall, Mannheim 1973, 780 pag.
– Ronan, C., Changing Views of the Universe, London 1961, 206 pag.
– Hey, J. S., Radiostraling uit het heelal, Aula 1971, 236 pag.
Shapley, H., Galaxies, Cambridge 1961, 186 pag.
– Bok, B., The Milky Way, Cambridge 1976, 273 pag.
– Shklovskii, I. S., Stars, their Birth, Life, Death, San Francisco 1978, 442 pag.
– de Jager, v.d. Heuvel, Ontstaan en Levensloop van sterren, Thieme 1973, 244 pag.
– Sidgwick, J. B., Amateur Astronomers Handbook, 2nd ed, London 1979, 568 pag.
– Voigt, H. H., Abriss der Astronomie, Mannheim 1975, 540 pag.
– Sciama, D. W., Moderne Kosmologie, Utrecht 1971, 212 pag.
– Mihalas, D., Galactic Astronomy, 1st ed., London 1968, 257 pag.
– Gibson, E. G., The Quiet Sun, NASA, Washington 1973, 330 pag.
– Eggen, O. J., Space Velocity Vectors for 3483 stars, Royal Obs. Bull. no. 51, London 1962, 398 pag.
– Gliese, W., Katalog der Sterne näher als 20 parsec für 1950.0, Heidelberg 1957, 89 pag.
- de Jager, C. (ed), The structure of the Quiet Photosphere and the Low Chromosphere (Proc. Bilderberg Conference).
– Kunde, M. en Gergely, T. (eds), Radio Physics of the Sun, (IAU sympos. 86, 1979).
– Kourganoff, V. A., Introduction to Advances Astrophysics
– Krüger, A., introduction to Solar Radio Astronomy and Radio Physics, 1979
– Mawridis, L. (ed), Structure and Evolution of the Galaxy, Proc. Nato Advanc. Study Inst., 1971.
– Giacconi, R. and Gurski, H. (ed), X-Ray Astronomy, 1974.
Aanbiedingen en informatie: 080-558311 (na 18 uur). * A 130

* Meade 8 inch Schmidt-Cassegrain telescoop, met diverse oculairen. Inf. Tel. 020-340892. * A 131

* Complete 155 mm, F 900 mm Newton reflector met zware parallactische montering op zwaar statief. Nieuwwaarde circa ƒ 1600,–. Alles in één koop voor ƒ 850,–. Inf. 070-503720. * A 132

* Nieuwe Newton spiegelkijker, D 115 mm, op paral. montering, deelcirkels, fijnregeling op beide assen, oculairen H 20 en H 6 mm, barlowlens 2×, zoeker, prijs n.o.t.k. Tevens: Falkauer sterrenatlas in twee delen, prijs ƒ 110,–. T. de Martines, Leeuwengrootstede 2a, Cuyk. Tel. 08850-20321, bgg 04930-13003. * A 133

* 60 mm Parallactische 'Vixen' refractor, op stevig houten statief inclus. H 20 oculair en Mizar-foto-adapter. In staat van nieuw. ƒ 400,–. Tel. 020-853029. * A 134

* Refractor, D = 60 mm, F = 900 mm, parallact. montering op houten driepoot. Oculairen: K 22 mm, H 12,5 mm, Or 9 mm, SR 4 mm. Tevens zenitprisma, omkeerprisma, barlowlens, zonnefilter. Telescoop voorzien van 'door-de-kijker-zoekersysteem'. Alles in één koop. ƒ 495,–. Otto Harms, C. Elderinklaan 36, 7602 VN Almelo, tel: 05490-62233. * A 135

* Nog niet gebruikt wormwiel en worm, diameter 29 cm. Geschikt voor grote telescopen, 360 tanden, moduul 0,75, asgat 5 cm. L. H. Greven, Rigelstraat 38, 7521 HK Enschede, tel. 053-336541. * A 136

Te koop gevraagd

* Sterrengidsen 1962 en ouder, 1966-1970, 1978-1980. Aanbiedingen aan: F. Rave, Aalten, tel. 05437-3167 na 15.30 uur. * G 34

* Oculairen met een diameter van 31,5 mm, focal reducer, richfield adapter, LPR filter, 31,5 mm roterende oculairhouder, Miranda Laborec of Practica Astro, tel. 080-778837 na 18 uur. * G 35

Diversen

* Wie kan mij helpen aan materiaal over de Catastrofetheorie die door E. Velikovski is beschreven? Oude en recente berichten over bewijzen en tegenargumenten zijn welkom: J. G. van Asten, F. van Borselenstraat 128, 2613 NN Delft. * D 4

* Aangeboden: lenzenkijker D 60 mm, F 900 mm, met zenitprisma. In ruil voor deze kijker wordt gevraagd een Newton 10 of 15 cm zonder statief of oculairen, liefst F/5 of F/6. Inf. tel. 01740-28773. * D 5

NAMEN EN ADRESSEN

Nederland

Stichting 'De Koepel'
Voorzitter: Prof. Dr. W de Graaff
Secretaris: Ir. D. de Hoop
Penningmeester: K. J. van Amerongen
Leden: W. F. Gielingh, Prof. Dr. C. de Jager, Dr. P. J. Gathier, H. D. Cotterell, Govert Schilling en E. K. Wubbena
Adres secretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht

Bureau 'De Koepel', Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht, telefoon 030-311360
Stafmedewerker:
Drs. M. M. A. Drummen
Stafmedewerker: F. Reijmerink
Administrateur:
H. G. M. Verstappen
Secretaresse: mevrouw J. D. van Middelkoop-Alberts
Redactieadres Zenit:
Bureau 'De Koepel'

Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
Voorzitter: E. K. Wubbena, Secretaris: A. H. van der Brugge. Adres: De Scharcamp 16, 8501 PT Joure 05138-6178. Penningmeester: A. C. M. Hartman. Leden: W. de Graaff, J. P. Loonen, H. R. A. Wessels, H. W. Verheijen consul voor de afdelingen, W. F. Gielingh, B. Zwart, D. van den Oudenalder, J. O. Luurs, K. C. J. van den Ende

Instrumentenkommissie:
Voorzitter: C. van Essen, Achterslagen 30, 8332 EB Steenwijk
Secretaris: A. Walrecht, Runmolen 33, 1833 GH Alkmaar, tel. 072-113559

Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin
Voorzitter: prof. dr. C. de Jager
Secretaris: Dr. P. J. Gathier, Oosteinde 183, 2271 EE Voorburg
Penningmeester: K. J. van Amerongen
Leden: P. A. M. Sanders, J. A. F. de Rijk, mr. Pieter van Vollenhoven

Volkssterrenwacht Simon Stevin, 4741 SK Hoeven N.B., Bovenstraat 89, telefoon 01659-2439
Directeur: Th. M. Vermeesch
Medewerker: N. J. Nelson
Medewerker: A. Edelbroek

Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart
Secretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht

Werkgroepen:
Meteoren
Secretaris: P. S. M. Nieskens, van Geerstraat 3, 2351 PL Leiderdorp
Sectie Beginners en visuele sectie: J. v.d. Laan, W. Schuylenburglaan 23, 3571 SB Utrecht; tel.: 030-719649
Veranderlijke Sterren
Secretaris: G. Comello, Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn, Postbus 800, 9700 AV Groningen. Tel. 050-116677
Weer-amateurs
Secretaris algemene zaken: H. van Bergen, Wortmanstraat 168, 8265 AH Kampen, tel. 05202-21416.
Jongerenwerkgroep
Bureau van de JWG: B. van Sprang, Peizerdiep 2, 2641 BN Pijnacker
Sterbedekkingen
Voorzitter/waarnemingsleider: D. Schmidt, Groen van Prinstererlaan 25, 1272 GB Huizen, tel. 02152-51982; secretaris: J. J. B. van Eijk van Voorthuijsen, Abel Tasmankade 9, 2014 AD Haarlem, tel. 023-241781
Kunstmanen
Secretaris: J. H. Scherhorn, Hugo de Grootstraat 1, 1215 CX Hilversum, tel. 035-46609
Kometen
Secretaris: E. P. Bus, 1e Spoorstraat 16, 9718 PB Groningen, tel. 050-134211
Instrumentenbouw
Groepsleider: H. G. J. Rutten, Boerenweg 32, 5944 EK Arcen
Fotografie
Secretaris: F.-J. van der Meulen, Noorderweg 158, 1222 PH Hilversum, tel. 035-854621
Algemene sterrenkunde
Secretaris: D. W. Jannink, François Mauriceweg 117, 3731 BB De Bilt, tel. 030-764270
Zon
R. J. Brotherhood, Leeuweriklaan 25, 2566 JC Den Haag. Tel. 070-644095

Landelijke Samenwerkende Volkssterrenwachten
Voorzitter: J. B. Voet, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan
Secretaris: H. D. Cotterell, Peerdsbroek 45, 4824 BL Breda, tel. 076-410735
Penningmeester: B. Mastenbroek, Ds. Heldringlaan 35, 2285 VP Rijswijk, tel. 070-941062
Aangesloten volkssterrenwachten
– Bussloo, Bussloselaan 4, 7383 RP Bussloo, Voorst (Gld.) tel. 05716-577
– Drenthe, Postbus 188, 7800 AD Emmen, tel. 05910-23662
– Hercules, Stanleystraat 32, 6413 HS Heerlen, tel. 045-225543
– Philippus Lansbergen, Herengracht 52, 4331 PX Middelburg, tel. 01180-11664
– Rijswijk, Petronella Voûtestraat 389, 2286 VB Rijswijk Z.H., tel. 070-931143
– Twentse Volkssterrenwacht, Mekkelhorsterstraat 45, 7591 NA Denekamp, tel. 05413-2223
– S.A.A.L. Volkssterrenwacht Phoenix, dr. ten Brokkel Huininkweg 24, 7241 HV Lochem, tel. 05730-1013
– Saturnus, Frans Halsstraat 4, 1701 JL Heerhugowaard, tel. 02207-17323
– Vesta, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan, tel. 02984-1468

Overige instellingen
Planetarium Amsterdam, Kromwijkdreef 11, 1108 JA Amsterdam-Zuidoost, tel. 020-963484
Volkssterrenwacht Copernicus, Overtonstraat 47, 2024 XJ Haarlem, tel. 023-253571
Natuurmuseum Coenraad ter Kuile, M. H. Tromplaan 19, 7511 JJ Enschede, tel. 053-323409
Stichting MACRO-center-Amsterdam, Nieuwe Teertuinen 17, 1013 LV Amsterdam, tel. 020-866032
De Zonnewijzerkring, Beekbergen, Molenberg 45, 7364 BV Lieren, tel. 05766-1278

België

V.V.S. Vereniging voor Sterrenkunde
Voorzitter: L. Aerts, Kattestraat 18, 3100 Heist-op-den-Berg
Ondervoorzitter: Lic. J. Meeus
Secretaris: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Penningmeester: Dr. J. Denoyelle, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Postrekening van de V.V.S.: 000-0484925-22
JVS-nationaal: p/a G. Speleers, Bergstraat 40, 8570 Anzegem (tel.: 056/688745)

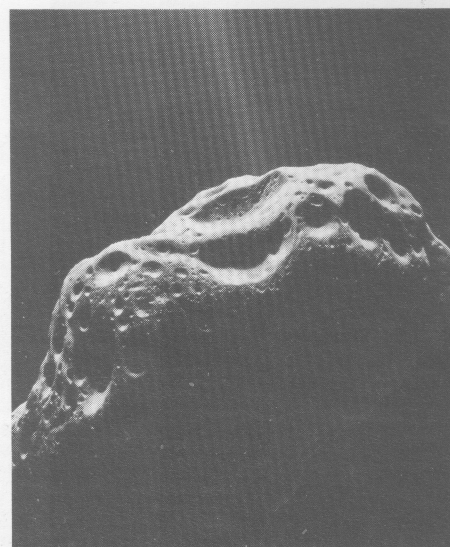
Werkgroepen (adressen van de werkleiders)
Astrofotografie: Luc Vanhoeck, Elsbos 16, 2520 Edegem
Meteoren: P. Roggemans, Dellingstraat 25, 2800 Mechelen.
Planeten: A. Gabriël, Boerenlegerstraat 14, 2520 Edegem.
Ruimtevaart: Dr. E. Aerts, BIRA, Ringlaan 3, 1180 Brussel (tel. 02/3752462)
Sterbedekkingen: P. Vingerhoets, Blokmakerstraat 20, 2758 Haasdonk.
Veranderlijke Sterren: P. Wils, Karel Marxstraat 1, 2640 Niel (tel. 03/8883074)
Weerkunde: L. Landuyt, Beatrijsstr. 9, 2580 Sint-Katelijne-Waver
Zon: D. Yvergneaux, Cour Ruyffelaere 26, 9600 Ronse
Kometen: Leo Aerts, Kattestraat 18, 3100 Heist-op-den-Berg (tel. 015/248434
Prometheus (strijd tegen de pseudowetenschappen):
Lic. J. M. Gantois, Nelelaan 13, 2120 Schoten.
Redactie Heelal en Hemelkalender en inlichtingen over klassieke hemelverschijnselen:
J. Meeus, Heuvestraat 31, 3071 Erps-Kwerps

Volkssterrenwachten België
Mira, Abdijstr. 20, 1850 Grimbergen (Brussel), tel. 022-691280
Urania, Mattheessenstraat 62, 2540 Hove bij Antwerpen, tel. 03-4553422
Limburg, Nieuwstr. 101, 3600 Genk

In het volgende nummer:

Op jacht naar planetoïden

Enige tijd geleden is in de Verenigde Staten een programma van start gegaan dat tot doel heeft het opsporen van planetoïden die dicht bij de aarde kunnen komen: Project Spacewatch. Die objecten zijn goede kandidaten voor toekomstige ruimtevaartprojecten, en mogelijke botsingen met de aarde kunnen wellicht tijdig worden voorkomen! In het decembernummer van Zenit uitgebreid aandacht aan Project Spacewatch. Verder het laatste deel van onze clusterserie, aandacht voor een bijzondere nieuwe zonnewijzer in Utrecht, en de resultaten van de enquête die vorig jaar onder de lezers van Zenit werd gehouden.



Ganymedes, de firma met de grootste sortering telescopen van Europa

Uit voorraad leverbaar:
35 modellen telescopen,
35 modellen microscopen, 35 modellen verrekijkers.

Snelservice: voor 15 uur gebeld uw instrument binnen 24 uur in huis.

Officieel importeur van Celestron- en Polarex- telescopen



Nieuw!
Celestron komeet-zoeker,
Schmidt-Newton systeem, F = 500 mm,
gewicht 2,9 kg, 49 cm lang. Prijs *f* 1495,–

Nieuw! C 65 Panoramakijker, ook geschikt als sterrenkijker, gewicht 650 gram.
Prijs *f* 695,–

Na ontvangst van *f* 2,50 aan postzegels in brief wordt u een uitgebreide fotofolder toegezonden.
Speciale celestronfolder *f* 5,–.

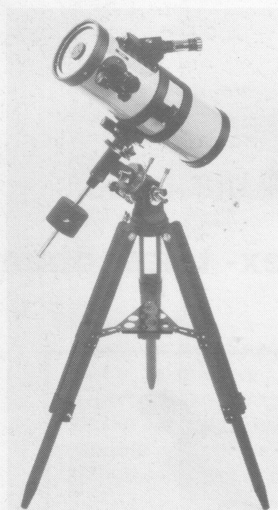
Ook inkoop - inruil - financiering. Geopend dagelijks van 10.00-22.00 uur.

Wij leveren ook uit voorraad:
alles op het gebied van microscopen, prismakijkers, oculairen, objectieven, spiegels, kleur en nevelfilters, parallactische monteringen, wormwielsets, zoekers, volgkijkers, motoren, ster-atlassen e.d.

GANYMEDES

Optische instrumenten Middeldorpsstraat 3-5, Amstelveen.
Tel. 020-41 20 83-45 50 32.
Bank: Rabobank Amstelveen. Rek.nr. 3023.39.175. Giro 4470737.
Voor België Optiek W. Van Grootven, Kapellestraat 20, 2630 Aartselaar. Tel. 03-887 96 49.

POLAREX POLLUX KYOWA OPTAS



POLLUX 10 cm Catadioptrisch F 1000 mm

Door dit systeem is de bouwlengte van de kijker teruggebracht tot 41 cm. Deze kijker wordt geleverd met oculairen, zoeker, fotoadapter, zon- en maanfilter, zonnediafragma.
De kijker is gemonteerd op parallactische montering.

POLLUX $11\frac{1}{2}$ cm Newton telescoop F 900 mm



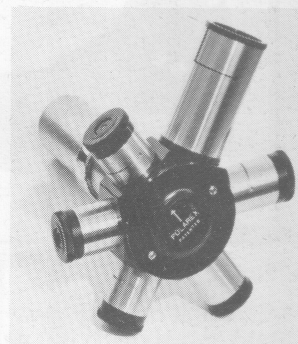
De meest gevraagde en meest verkochte kijker.
Hoofdspiegel Ø 115 mm, F 900 mm.
Vangspiegel 25 x 35 mm, zoeker 5 x 20 mm, twee oculairen zonnefilter en zonnediafragma.
De kijker is parallactisch opgesteld.

Uitbreidingsmogelijkheden:
Oculairen 7 mm, 9 mm, $12\frac{1}{2}$ mm, 18 mm, 25 mm, en 30 mm.
Synchroonmotor 220V.
Camera adapter.
Filters.



POLAREX Telescopen en onderdelen

Azimuthaal: 50 mm, 60 mm, 75 mm en 100 mm.
Parallactisch: 50 mm, 65 mm, 75 mm en 100 mm.



Onderdelen:
Roterende oculairhouder: hierin passen 4 oculairen met een doorsnede van $24\frac{1}{2}$ mm en één met een doorsnede van 31,75 mm.
Dubbeloculairhouder: hiermee kunnen twee personen door één kijker waarnemen. Onafhankelijke scherpstelling.
Zenithprisma met dakkant: geeft een rechtopstaand, niet spiegelend beeld.
Verder vele oculairen, zoekers, filters etc.

NIEUW: OPTAS PRISMAKIJKERS

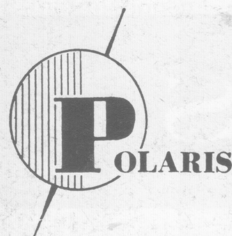
Een serie goede, goedkope prismakijkers met geschroefde prisma's zodat nastelling altijd mogelijk blijft. Voorlopig leverbaar: 8 x 30 ZCF, 8 x 40 ZCF, 7 x 50 ZCF en 10 x 50 ZCF. Uiteraard blijven de POLLUX prismakijkers volop leverbaar.

ZELFBOUWHOEK

Naast de vele nieuwe onderdelen voor zelfbouw hebben wij nu ook een speciale hoek met lichtbeschadigde onderdelen. Hierin vindt u momenteel achromatische objektieven met lichte beschadiging op de vatting (Optisch 100% goed), objektieven voor het zelfbouwen van zoekers, ingeruilde oculairen en nog veel meer.

KYOWA MIKROSKOPEN

Wij voeren een grote collectie biologische en stereomikroskopen van Kyowa. Ook vindt u mikroskoopoculairen, objektieven en andere onderdelen.



POLARIS OPTISCHE INSTRUMENTEN

Nachtegaalstraat 76 – 3581 AM Utrecht – telefoon 030-322569
Openingstijden ma: 14.00-18.00, wo: 9.30-18.00 uur, do: 14.00-21.00 uur,
vrij: 9.30-18.00 uur, za: 9.30-16.00 uur

Officieel importeur van:
Polarex astronomische telescopen, onderdelen en panoramakijkers – Pollux astronomische telescopen, onderdelen en panoramakijkers – Optas prismakijkers – Kyowa mikroskopen en onderdelen.

Wij vertegenwoordigen: Sky Publishing Corp. en vele anderen.

LEVERINGSPROGRAMMA STICHTING 'DE KOEPEL'

6e herziene druk oktober 1983

Bureau: Nachtegaalstraat 82 bis, 3581 AN Utrecht, tel. 030-311360 (van maandag t/m vrijdag van 9-17 uur).

Onderstaande artikelen zijn doorgaans in voorraad.* Zij worden U toegezonden na overmaking van het verschuldigde bedrag op het Nederlandse postgironummer 3191545 of op het Belgische postrekeningnummer 000-1168383-18 onder vermelding van het gewenste (bestelcode is voldoende). Beide gironummers zijn ten name van Stichting 'De Koepel' te Utrecht. Voor berekening van het aantal Belgische Franks geldt de dagkoers. De prijzen zijn inklusief verzendkosten, tenzij anders vermeld en zijn geldig vanaf 15 oktober 1983 (wijzigingen voorbehouden).

* Als het buitenlandse produkten betreft, geldt soms een leveringstijd van vier tot tien weken.

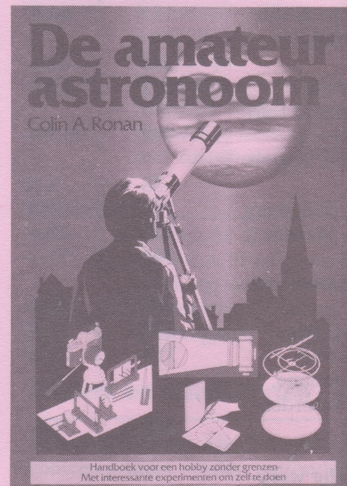
De met ** gemerkte produkten zijn nieuw in ons programma

Boeken en tijdschriften (prijswijzigingen voorbehouden)

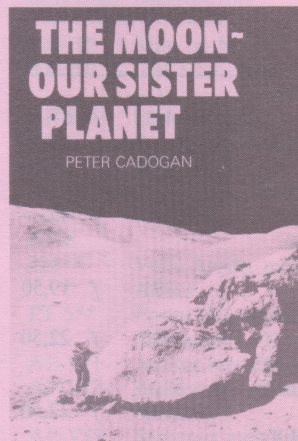
Sterrenkunde

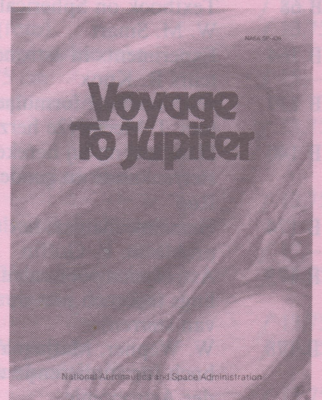
Code	*Titel en auteur*	*Aantal pagina's*	*Prijs (incl. porto)*
B 196	Iets over het heelal, A. Jansen (voor de jeugd van 9-13 jaar)	43	*f* 9,—
B 185	Poort naar het heelal, G. Schilling (inleidend)	36	*f* 6,—
B 194	Bouwstenen van het heelal, B. Jongejans (stripboek over kwarks, atomen en de oerknal)	45	*f* 10,—
B 179	A. Rükl, Astronomie voor iedereen. Groot formaat boek (Inleiding in de sterrenkunde)	191	*f* 39,50
B 160	Kijk op sterren en planeten, R. van Helden (inleidend)	116	*f* 21,50
B 125	Sterren en Planeten, R. Kerrod (inleidend)	125	*f* 18,50
B 184	De amateurastronoom, C. A. Ronan (Handboek voor de beginnend amateur)	208	*f* 39,90
B 5	Gids van Sterren en Planeten, G. Roth	232	*f* 36,50
B 30	Welke ster is dat? W. Widmann (voor eerste verkenning van de sterrenhemel)	168	*f* 22,—
B 217**	Inleiding tot 'Moderne Sterrenkunde', Teleac-uitgave, onderdeel van de gelijknamige TV-cursus	99	*f* 25,—
B 158**	Moderne Sterrenkunde + Inleiding (= B 217), uitgave Teleac	449+99	*f* 52,50
B 190	Astrofysica, J. A. de Boer e.a. (VWO-niveau)	56	*f* 15,—
B 142	Het stralend heelal, M. Martin en J. Chesterman (plaatboek)	128	*f* 29,50
B 33	Ontstaan en levensloop van sterren, E. v.d. Heuvel en C. de Jager	244	*f* 33,—
B 41	Astronomie in beweging, F. P. Israël e.a. (artikelen over moderne sterrenk. thema's)	212	*f* 15,—
B 201	De komeet komt, N. Calder (over komeet Halley)	168	*f* 33,50
B 171	De Aarde bespied, Ch. Sheffield (satellietfoto's v.d. aarde, groot formaat, kleur)	160	*f* 59,50
B 141	Planetenatlas, P. Doherty (voor de waarnemer)	143	*f* 59,50
B 195	Meyers Handbuch über das Weltall (Duitse tekst, Encyclopedie van de sterrenkunde) 5e druk (1973)	780(!)	*f* 57,50









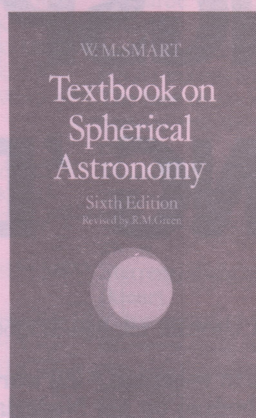


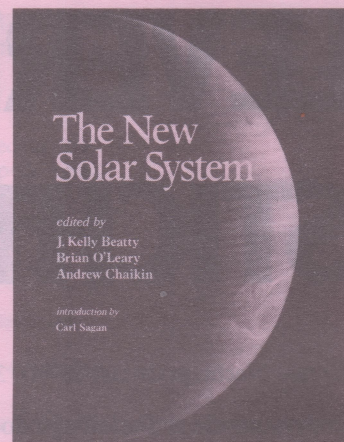
B 168	The New Solar System, J. K. Beatty e.a. (eds), tweede editie, harde kaft	224	*f* 61,50
B 206**	The Moon, P. Moore, samenvatting over onze kennis van de maan na de ruimtevluchten	96	*f* 47,50
B 167	The Moon, our sister planet, P. Cadogan (fysisch-geologisch)	392	*f* 72,50
B 95	The Martian Landscape (NASA) (Vikingfoto's v.d. landingsgebieden)	160	*f* 75,—
B 163	Viking Orbiter views of Mars	182	*f* 57,—
B 208**	Jupiter, G. Hunt en P. Moore, Jupiter met de resultaten van Pioneer en Voyagers	96	*f* 47,50
B 153	Voyage to Jupiter (resultaten Voyager 1 en 2)	199	*f* 43,—
B 156	Galileo to Jupiter (ruimtereis gepland in 1985)	20	*f* 15,50
B 209**	Saturn, G. Hunt en P. Moore, Saturnus met de Voyager resultaten	96	*f* 47,50
B 198	Voyages to Saturn (resultaten Voyagers)	227	*f* 48,—
B 207**	The sun, I. Nicolson, Compakte maar rijke informatiebron over de zon	96	*f* 47,50
B 193	Daytime Star, S. Mitton (over de Zon)	191	*f* 55,—
B 129	A New Sun, NASA: zonnewaarnemingen vanuit Skylab, foto's in kleur	198	*f* 94,—
B 212**	Zonnevlammen, colleges sterrenkunde voor afgestudeerden 1982	57	*f* 9,—
B 97	Physik der Sterne und der Sonne, H. Scheffler en H. Elsässer (grondig, wisk. eind VWO)	535	*f* 60,–
B 176	Colleges sterrenkunde voor afgestudeerden 1981: Nauwe Dubbelsterren	60	*f* 7,50
B 98	Atoms, Stars and nebulae, L. H. Allen (over sterevolutie)	351	*f* 41,50
B 109	The Crab Nebula, S. Mitton	194	*f* 37,—
B 91	Das Milchstrassensystem, L. Kühn	151	*f* 46,—
B 49	The Milky Way, B. en P. Bok (5e druk)	356	*f* 87,—
B 96	Galaxies, H. Shapley (3e druk)	232	*f* 62,—
B 205**	Galaxies, T. Ferris (schitterend fotoboek)	192	*f* 115,—
B 124	Lick-observatory (met Deep Sky objekten)	38	*f* 9,50
B 128	The first three minutes, S. Weinberg	190	*f* 17,50
B 222**	De eerste drie minuten, S. Weinberg	202	*f* 45,—
B 166	The big bang, J. Silk	394	*f* 50,—
B 204**	Cosmology, E. Harrison (standaardwerk)	430	*f* 75,—
B 117	Einstein en het heelal, N. Calder	177	*f* 27,50
B 116	Röntgenastronomie, T. Dethier	154	*f* 22,50
B 138	Grosses Lexikon der Astronomie, J. Herrmann (sterrenkundig woordenboek)	408	*f* 75,—
B 165	A dictionary of astronomy, V. Illingworth (sterrenkundig woordenboek)	378	*f* 24,—

(Zie ook de brochures)

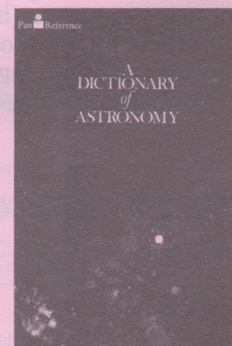
Voor de rekenaar

B 68	Textbook on Spherical Astronomy, W. M. Smart	431	*f* 67,—
B 164	Experiments in astronomy for amateurs R. Knox	206	*f* 27,50
B 139	Astronomical formulae for calculators, J. Meeus (2e herziene druk)	203	*f* 45,—
B 140	Handleiding bij berekeningen in sterrenkunde en geodesie, W. de Rop	71	*f* 19,50
B 174	Hemelmechanica, het tweelichamenprobleem, E. Goffin	95	*f* 22,50
B 175	Astrofysica voor calculators, P. Hellings (rekenen met de natuurkunde van sterren)	139	*f* 22,50
B 178	W. Wepner, Mathematisches Hilfsbuch für studierende und Freunde der Astronomie	279	*f* 36,—

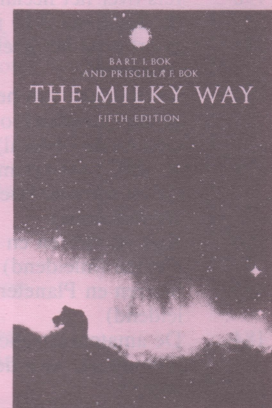
















Diversen

B 72	Starnames, their lore and meaning, J. Allen (over de namen van sterren)	563	*f* 29,50
B 137	Sterrenkunde in de geschiedenis, T. Spoelstra	208	*f* 20,—
B 215**	De zon als klok, J. de Rijk, over zonnewijzers	64	*f* 15,—
B 119	UFO's en andere vreemde natuurverschijnselen, J. M. Gantois en C. de Loore	206	*f* 46,25

(Zie ook de brochures)

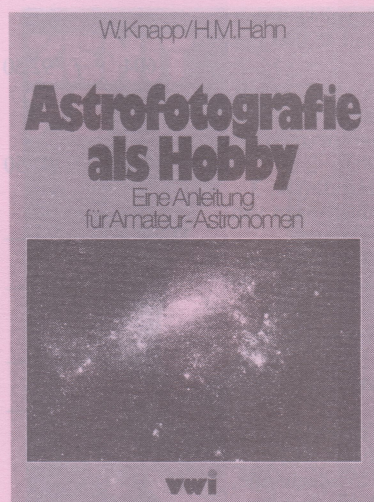
Teleskoopbouw en astrofotografie

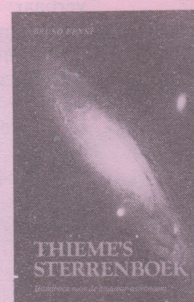
B 19	Sterrenkijkers zelf maken, Th. Vermeesch (inleidend)	131	*f* 20,—
B 20	Van glasschijf tot optische spiegel, W. Terlouw (handleiding voor het slijpen)	72	*f* 6,50
B 202	Het testen van telescoopspiegels, A. Leyten	20	*f* 5,—
B 115	Thieme's sterrenboek, B. Ernst (zelfbouw kutterteleskoop)	256	*f* 39,50
B 25	Amateur telescope making, A. Ingalls, deel 1 (slijpen, verzilveren, testen, oculairs)	510	*f* 45,—
B 26	Amateur telescope making, A. Ingalls, deel 2 (montering, volgmechanisme, fotografie)	650	*f* 53,—
B 27	Amateur telescope making, A. Ingalls, deel 3 (spectograaf, fotografie, Schmidtcamera)	646	*f* 53,—
B 21	Fernrohrmontierungen und ihre Schutzbauten, A. Stauss (+ tekeningen)	103	*f* 35,50
B 22	Refraktorselbstbau, G. Roth (5 en 15 cm; astrokamera) (+ tekeningen)	62	*f* 27,50
B 23	Astronomische Zusatzgeräte, G. Roth (volgsysteem, protuberansenkijker e.a.) (+ tekeningen)	68	*f* 38,—
B 218**	Fernrohrselbstbau, H. Oberndorfer, met bouwtekeningen; pocketboek (Duits)	175	*f* 22,—
B 101	Spiegeloptik, K. Wenske, 2e herziene druk, (voor de ervaren slijper)	164	*f* 22,—
B 99	Hoe gebruik ik mijn teleskoop optimaal (uitgave Ganymedes)	42	*f* 11,50
B 24	Astrofilters, R. Barbera	102	*f* 28,50
B 89	Outer Space Photography, E. Paul	156	*f* 52,—
B 143	Astrofotografie als Hobby, W. Knapp/H. M. Hahn (Duitse tekst)	136	*f* 52,—
B 180	Astrofotografie, Geräte, Verfahren, Objekte, E. Karkoschka e.a.	208	*f* 32,50
B 210**	Erfolgreiche astrofotografie, een inleiding (Duitse tekst); pocketboek	133	*f* 14,50
B 150	The history of the telescope, H. C. King	456	*f* 37,50

(Zie ook de brochures en bouwtekeningen)

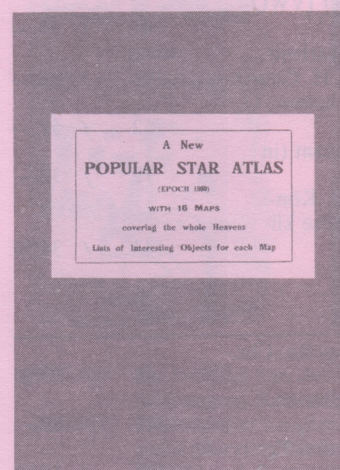
Atlassen en Catalogi

B 120	Atlas van Maan, Mars en Venus, A. Rükl (pocket)	255	*f* 26,—
B 69	Atlas of Mercury, NASA	128	*f* 88,—
B 82	Handbuch der Sternbilder, H. Vehrenberg (atlas en catalogus)	199	*f* 79,—
B 31	Sterrenbeeldenatlas, J. Klepesta	290	*f* 24,50
BA 24	'Sterrenemmer', zelfbouw sterrenkaart voor de jeugd		*f* 5,—
BA 3	Popular Star Atlas, sterren tot 5,5 m met selektie van objecten	37	*f* 16,—
BA 3a	Popular Star Atlas, sterren tot 5,5 m met Nederlandse vertaling	55	*f* 20,—
BA 2	Norton Star Atlas, sterren tot 6,3 m (+ maankaart + inleiding sterrenkunde)	153	*f* 49,50
BA 15	Atlas Coeli, A. Becvar, sterren tot 7,7 m (desk edition, zwarte sterren op witte achtergrond, losse kaarten	16	*f* 30,—
BA 20	Sky Atlas 2000.0, W. Tirion sterren tot 8,0 m (zwarte sterren op witte achtergrond) Desk edition. Losse kaarten	26	*f* 67,—
BA 21	Sky Atlas 2000.0, W. Tirion, sterren tot 8,0 m, sterren wit op zwarte achtergrond (Field edition). Losse kaarten	26	*f* 67,—
BA 22	Sky Atlas 2000.0, W. Tirion sterren tot 8,0 m. Kleureditie in ringband	30	*f* 114,—
BA 6	Atlas Borealis, sterren tot magn. 9 van +90° tot +30° declinatie (zeer groot formaat)	24	*f* 170,—
BA 7	Atlas Eclipticalis, sterren tot magn. 9, van +30° tot −30° declinatie (zeer groot formaat)	31	*f* 170,—

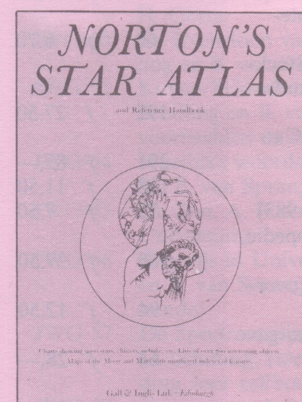














BA 25	Sky Catalogue 2000.0, vol 1: sterren tot magn. 8,0 (meer dan 45.000 sterren)	604	ƒ 92,50
BA 27**	Sky Catalogue 2000.0, vol 2: nevels, sterrenhopen, sterrenstelsels dubbelsterren en veranderlijke sterren (leverbaar: december 1983)	448	ƒ 92,50
B 104 t/m B 106	Burnham's Celestial Handbook, 3 delen (uitvoerige beschrijvingen van sterren en deep sky objekten)	2138(!)	ƒ 111,—
BA 8	Atlas der schönsten Himmelsobjekte, H. Vehrenberg (fotoboek)	246	ƒ 120,—
BA 9	Atlas of Deep Sky Splendors, H. Vehrenberg (engelse versie van het vorige)	246	ƒ 120,—
BA 16	Hubble Atlas of Galaxies, A. Sandage	140	ƒ 77,—
BA 26	Atlas Stellarum, H. Vehrenberg. Fotografische atlas tot magn. 14,5; Noordelijk deel tot −25° declinatie; 315 kaarten (33 × 33 cm) met sjablonen (1950.0) en tekstboekje (51 pag)		ƒ 375,—

(Andere atlassen op aanvraag; zie ook de brochures van de JWG)

Weerkundige boeken

B 18	Wat voor Weer? J. Pelleboer	96	ƒ 19,—
B 67	Zelf weer voorspellen, A. Watts	64	ƒ 19,—
B 93a	Wolken in de atmosfeer, B. Zwart (met groot formaat satellietfoto's) 5 exemplaren of meer ƒ 2,– per stuk	21	ƒ 3,—
B 182	Wolken voorspellen het weer, C. Keidel	128	ƒ 23,75
B 108	Elseviers gids van het Weer, G. D. Roth (overzicht)	248	ƒ 41,75
B 111	De Weermachinerie, N. Calder (het weer op wereldschaal)	143	ƒ 22,50
B 127	Weer of geen weer, J. Buisman (voor de amateur)	247	ƒ 29,50
B 191	Weerkunde, W. Ottevanger (VWO-niveau)	42	ƒ 15,—
B 131	D-1 project, de betrouwbaarheid van de weersverwachting, H. Geurts	103	ƒ 6,—
B 136	Gepolariseerd licht in de natuur, G. Können	152	ƒ 52,—
B 200	Almanak van weer en klimaat (in Nederland), H. Geurts	72	ƒ 32,—
B 219**	Het weer in Nederland, G. Können/KNMI, het Nederlandse klimaat en haar oorzaken	143	ƒ 34,50

(Zie ook de brochures)

Ruimtevaartboeken

B 13	Dossier van het projekt Apollo, Chr. Titulaer en R. Spoor	64	ƒ 17,50
B 70	Apollo Expeditions to the moon, NASA-uitgave	313	ƒ 65,—
B 145	Astronauten zijn ook mensen, P. Smolders, voor de jeugd	226	ƒ 17,50
B 169	De mens in de ruimte, Chr. Titulaer	136	ƒ 29,50
B 157	Space Shuttle, lijndienst naar de toekomst, P. Smolders (inleidend)	96	ƒ 17,50
B 188	Space Shuttle, brochure Ruimtevaart	60	ƒ 6,70
B 173	Space Shuttle Columbia, W. Stockton en J. N. Wilford (Nederlandse vertaling)	192	ƒ 27,50
B 197	Ruimtevaartencyclopedie, K. Gatland	291	ƒ 85,—
L-Sat	themanummer Ruimtevaart	123	ƒ 11,50
IRAStn.**	themanummer Ruimtevaart (1983)	72	ƒ 7,50
B 189	Geïllustreerde Ruimte-encyclopedie, I. Ridpath	160	ƒ 37,50
B 203	Ruimtevaart 84, P. Smolders (overzicht 1983), inleidend	96	ƒ 12,50
B 216**	The Space Telescope, NASA-uitgave (rijk geïllustreerd)	64	ƒ 28,—

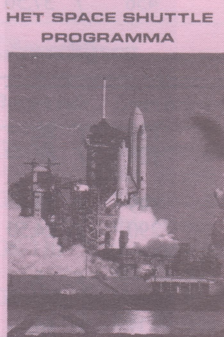
(Zie ook de brochures)

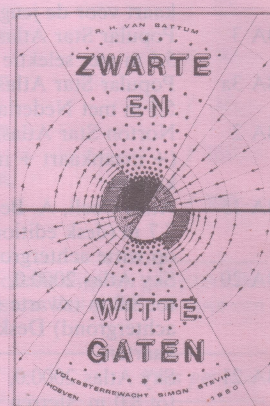














Brochures

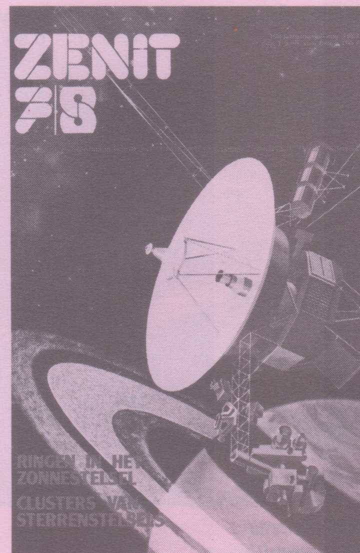
Uitgaven van Stichting 'De Koepel'

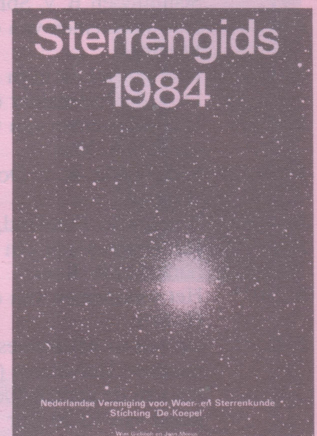
B 130	Inleiding sterrenkunde, syllabus cursus sterrenkunde 2e druk 1978	31	*f* 6,50
B 186	Bouwbeschrijving bouwsets (Polkit) en uitbreidingsmogelijkheden (uitgave: Vstw-Simon Stevin)	7	*f* 3,25
B 132	Zelf een kijker bouwen. Tj. de Vries (zelfbouw 15 cm Newton; artikelenreeks uit Zenit 1974)	20	*f* 6,50
B 77	Kometen, vroeger en nu, H. Nieuwenhuis	44	*f* 8,50
B 84	Natuurkunde van Zon en sterren, R. Rutten e.a. (met gevouwen kleurenposter van de Zon)	22	*f* 6,50
B 87	Pulsatietheorie, P. van Baal	6	*f* 2,75
B 88	Differentiële rotatie van de Zon, P. van Baal	26	*f* 8,—
B 170	Zenit 1981, 7/8 themanummer resultaten Voyager 1 en 2 bij Jupiter, O. Namba	38	*f* 5,—
B 133	Brochure Sterrenkunde, Weerkunde, Ruimtevaart (mogelijkheden voor de amateur in Nederland)	32	*f* 3,—
B 134	Volkssterrenwacht Simon Stevin	16	*f* 0,75
B 135	Zwarte en witte gaten R. v. Battum (uitgave Simon Stevin)	52	*f* 10,50
B 149	De bouw van een protuberansenkijker, D. Cardoen (overdruk Zenit 77)	5	*f* 2,75
B 192	Astrofotografie door amateurs, A. Nagel (fotocopie)	7	*f* 3,—
B 211**	Astrofotografie, een handleiding, L. van Hoeck (fotocopie)	24	*f* 5,—
B 147	Boek der uitvindingen, over de uitvinding en eerste eeuwen van de teleskoop, J. Bosscha jr (overdruk uit 1864), uitgave NVWS-Den Helder	21	*f* 5,50
B 152	Methode der kleinste kwadraten en de correlatietheorie, met toepassingen op zonnevlektellingen, A. Mak	36	*f* 12,50
B 213**	Kalenders en Tijd, A. Huber	19	*f* 9,25

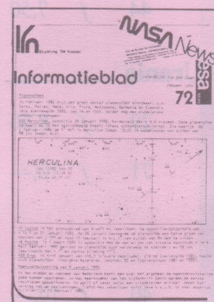
Brochures van de Jongerenwerkgroep

Bij bestelling van deze brochures voor een bedrag minder dan f 7,50 moet f 2,50 voor verzendkosten worden bijgeteld.

JWG-02	Welke kijker voor welk doel? F. P. Israel	3	*f* 0,55
JWG-10	Sterkatalogus met gegevens van 3500 sterren, B. van Sprang	70	*f* 8,50
JWG-13	Dubbelsterren voor binoculairs, J. Meeus en T. Dethier	9	*f* 1,50
JWG-16	Het inbinden van tijdschriften en brochures, T. de Klerk	10	*f* 1,40
JWG-21	Geboorte, Leven en dood van sterren, Tj. de Vries	6	*f* 1,—
JWG-32	Elementary Astrophysics (Engelse tekst), Th. de Klerk	125	*f* 8,50
JWG-34	Maansverduisteringen, G. Schilling	49	*f* 5,—
JWG-35	Het maken van een eenvoudige sterrenkijker, Ch. Füss en B. van Sprang	22	*f* 6,—
JWG-38	Jupiter, handleiding voor waarnemers, W. Gielingh	22	*f* 5,50
JWG-39	Sterrenkunde praktika, B. van Sprang	32	*f* 3,50
JWG-40	Wie weet wat? Kwisboek van de JWG met bijna 1100 vragen en antwoorden, B. van Sprang	50	*f* 5,50
JWG-41	Lijst van de mooiste 120 dubbelsterren voor kleine en middelgrote kijkers, P. Veenstra en C. de Jong	4	*f* 0,55
JWG-42	Weet jij veel? Kwisboek 2 van de JWG met ruim 700 vragen en antwoorden, B. van Sprang	42	*f* 4,25
JWG-43	De Maan, E. Echternach	23	*f* 4,50
JWG-44	Het atoom, G. Schilling en B. van Sprang (geïll.)	14	*f* 1,75
JWG-45	Coördinatenstelsels, G. Schilling en B. van Sprang (geïll.)	9	*f* 1,75
JWG-46	De indeling van dubbelsterren. G. Schilling en B. van Sprang (geïll.)	13	*f* 1,75
JWG-48	Nederlandse handleiding bij de Popular Staratlas, A. Louwerse, G. Schilling en B. van Sprang	18	*f* 4,—
BA 3a	Popular Staratlas met Nederlandse handleiding samen	55	*f* 20,—
JWG-49	Waarnemen met een prismakijker, H. Görtz	33	*f* 6,—
JWG-50	De levensloop van de Zon, G. Schilling en B. van Sprang	32	*f* 6,—
JWG-51	Kursus helderheid en magnitude, G. Schilling en B. van Sprang, met voorbeelden en opgaven	40	*f* 10,—
JWG-54	Moeilijke woorden in de sterrenkunde, B. van Sprang	8	*f* 1,25
JWG-55	De Zon, A. Boshoven (artikelen uit Universum)	38	*f* 7,50
JWG 56	Wegwijs in Universum, G. Schilling en B. van Sprang (inleiding sterrenkunde)	52	*f* 10,—
JWG 57	De Spectroscoop, Ch. Versnick en G. Schilling; (met tralie), handleiding voor zelfbouw	7	*f* 5,—
JWG 58	Het zonnestelsel, bundeling artikelen uit Universum	29	*f* 6,—
JWG 59	Veranderlijke sterren, B. v. Sprang	24	*f* 4,50











JWG 60	Het ontstaan van het zonnestelsel, C. Caljouw	4	*f*	0,60
JWG 61	Kometen, G. Schilling en B. v. Sprang	16	*f*	2,50
JWG 62	Meteoren, G. Schilling en B. v. Sprang	12	*f*	2,—
JWG 63	Evolutie van zware sterren, G. Schilling en B. v. Sprang	10	*f*	2,—
JWG 64	Het waarnemen van de Zon, R. Wielinga	28	*f*	5,—
JWG 65	Hoe gebruik ik mijn JWG-kijker? D. v. d. Oudenalder en B. v. Sprang	28	*f*	4,75
JWG 66	Het waarnemen van veranderlijke sterren, A. Mak	51	*f*	10,—
JWG 67	Weerkunde, R. v. Dorland (VWO-niveau)	67	*f*	12,50
JWG 69	Wegwijs in Fotoland, J. Garnier	47	*f*	10,—
JWG 70	Het bouwen van een draaibare sterrenkaart, R. Roos	9	*f*	2,—
B 220**	Het waarnemen van dubbelsterren, H. Bril	36	*f*	12,50
B 221**	Op reis in het zonnestelsel, Themanummer Universum (1983), resultaten van de ruimtevluchten. Voor jeugd van 10-20 jaar	44	*f*	7,50

Brochures van de Belgische VVS/Vstw. Urania

VVS-1	Astronomische termen, T. Dethier en J. Meeus	29	*f*	8,50
VVS-4	Een waarnemingsprogramma voor beginnende amateurs, T. Dethier	71	*f*	10,—
VVS-5	Zo bouw ik zelf mijn kijker. Basiskonstruktie voor een 16 cm Newton, met statief en parallaktische opstelling, met bouwtekeningen, L. Vanhoute	40	*f*	10,—
B 199	Opzoeken van Deep Sky objekten, Chr. Baetens	69	*f*	21,50

Brochures van andere organisaties

Tel	Telescopium, brochure over de radioteleskopen van Dwingeloo en Westerbork	24	*f*	2,—
B 187**	Space Shuttle / Space Lab, informatieve brochure	16	*f*	1,75
B 188	Space Shuttle brochure	60	*f*	6,70
IRAS	De IRAS, P. Smolders	8	*f*	0,75
Z 806	Voyager 1 Saturnus, R. J. Walrecht (met 24 dia's), zie ook bij de diaseries	74	*f*	39,75
B 154	Close encounter met Saturnus, P. Smolders (Voyager-1)	20	*f*	3,—
B 214**	Het zonnestelsel ontdekt, uitgave van het Zeiss Planetarium	20	*f*	4,—

Tijdschriften en jaarboeken

Sterrengids 1984	160	*f*	27,—
voor abonnees Zenit, voor Simon Stevin, NVWS- en JWG-leden en voor donateurs van de LSV		*f*	20,—
Astronomical Ephemeris 1984,	circa	*f*	70,—
Zenit 1975, excl. nrs. 1-2-4-11-12		*f*	10,—
Zenit 1976, excl. nrs. 1-2-7/8-10		*f*	12,50
Zenit 1977, excl. nr. 1		*f*	18,—
Zenit 1978, excl. nrs. 1-4-7/8		*f*	14,50
Zenit 1979, excl. nrs. 6-7/8		*f*	16,50
Zenit 1980, excl. nr. 12		*f*	18,—
Zenit 1981, excl. nr. 1		*f*	18,—
Zenit 1982 kompleet		*f*	35,—
Zenit 1983 kompleet		*f*	35,—
Zenit 1984 (als donateur Simon Stevin, of als donateur LSV)		*f*	60,—
Zenit 1984 (als NVWS-lid)		*f*	65,—
Proefnummer Zenit		*f*	6,50
Naaldband Zenit (ongedateerd)		*f*	14,50
Informatieblad 1984 (sterrenkundige en ruimtevaartkundige nieuwtjes, aktualiteiten van NVWS en van Sterrenwachten)		*f*	12,50
Proefnummer Informatieblad		*f*	0,75
Ruimtevaart 1984 (6× per jaar)		*f*	40,—
Lidmaatschap Ned. Veren. v. Ruimtevaart 1984 (incl. abon. Ruimtevaart 1984)		*f*	45,—
Proefnummer Ruimtevaart		*f*	6,50
Proefnummer Universum		*f*	4,—
Abonnement Universum 1984 (4× p. jaar)		*f*	20,—

Instrumenten en onderdelen

Komplete slijppakketten voor zelf maken van teleskoopspiegels

Deze slijppakketten bevatten de benodigde glasschijven, slijppoeders, polijstpoeder, polijstpek en rubber matje. Instruktieboekjes kunnen afzonderlijk besteld worden (zie boekenlijst). De verzending van slijpmaterialen geschiedt ongefrankeerd, portokosten moeten aan de postbode worden voldaan. Voor verzending naar België dienen de portokosten vooraf te worden voldaan, daarom zijn zij in BFr aangegeven.

Bestelcode	*Omschrijving*	*Prijs*	*Verzendkosten naar België*
SP-N 110	slijppakket voor een 110 mm Newtonspiegel	*f* 52,—	+ 325 BFr
SP-N 155	Slijppakket voor een 155 mm Newtonspiegel	*f* 97,—	+ 400 BFr
SP-N 205	slijppakket voor een 205 mm Newtonspiegel	*f* 190,—	+ 400 BFr
SP-N 255	slijppakket voor een 255 mm Newtonspiegel	*f* 350,—	+ 450 BFr
SP-N 305	slijppakket voor een 305 mm Newtonspiegel	*f* 600,—	+ 450 BFr
SP-K 110	slijppakket voor een 100 mm/ 55 mm spiegelpaar voor een Kutterteleskoop	*f* 72,50	+ 325 BFr
SP-K 155	slijppakket voor een 155/70 mm spiegelpaar voor een Kuttertele-skoop	*f* 117,—	+ 400 BFr

Alle instrumenten, onderdelen en accessoires geleverd door de firma's Polaris en Ganymedes kunnen ook door de Stichting 'De Koepel' geleverd worden, mits vooruit betaald op bovengenoemd gironummer. Informatiefolders van beide firma's zijn bij de Stichting 'De Koepel' verkrijgbaar.

Glasschijven

Bestelcode	*Omschrijving*	*Prijs per stuk*
GS-55	Silinorm glasschijf ø 55 mm, dik 10 mm	*f* 11,—
GS-70	Silinorm glasschijf ø 70 mm, dik 10 mm	*f* 13,—
GS-110	Silinorm glasschijf ø 110 mm, dik 15 mm	*f* 23,—
GS-155	Duran 50 glasschijf ø 155 mm, dik 25 mm	*f* 40,—
GS-205	Duran 50 glasschijf ø 205 mm, dik 33 mm	*f* 80,—
GS-255	Duran 50 glasschijf ø 255 mm, dik 42 mm	*f* 160,—
GS-305	Duran 50 glasschijf ø 305 mm, dik 50 mm	*f* 300,—

Slijppoederpakketten

De slijppoederpakketten bevatten ruim voldoende slijp- en polijstpoeder om een teleskoopspiegel te slijpen en te polijsten. Dat geldt ook voor een Kutterspiegelpaar.

Bestelcode	*Omschrijving*	*Prijs per stuk*
PP-110	poederpakket voor 110 mm spiegel of 110/55 spiegelpaar (vanaf poeder C 180)	*f* 17,50
PP-155	poederpakket voor 155 mm spiegel of 155/70 spiegelpaar (vanaf poeder C 120)	*f* 21,50
PP-205	poederpakket voor 205 mm spiegel (vanaf poeder C 80)	*f* 29,50
PP-255	poederpakket voor 255 mm spiegel (met extra hoeveelheid van de grofste poeders)	*f* 50,—
PP-305	poederpakket voor 305 mm spiegel (met extra hoeveelheid van de grofste poeders)	*f* 83,—

Polijstpek

De geleverde pek kan zonder toevoeging van hars gebruikt worden voor het polijsten van spiegels. Benodigde hoeveelheden: 110 mm spiegel 300 gram, 155 mm spiegel 600 gram, 205 mm spiegel 900 gram, 255 mm spiegel 1200 gram, 305 mm spiegel 1500 gram.

Bestelcode	*Prijs inclusief verzendkosten*
SPP-300 etc.	Prijs per 300 gram: *f* 10,—
RM-110 etc.	Rubbermatje voor het gieten van de pekbodem (bij bestelling maat spiegel opgeven) *f* 2,50

Slijppoeders		*Prijs inclusief verzendkosten*
C-80	per 100 gram	*f* 3,85
C-100	100 gr	*f* 3,85
C-120	100 gr	*f* 3,85
C-150	100 gr	*f* 3,85
C-180	100 gr	*f* 3,85
F	100 gr	*f* 4,20
FF	100 gr	*f* 4,70
FFF	50 gr	*f* 3,75
C-800	50 gr	*f* 4,—
C-1200	50 gr	*f* 4,45
Polijstpoeder per 50 gram		*f* 5,10

Oculairen

Wij leveren alle typen en maten oculairen van de firma's Polaris en Ganymedes (vraag de speciale folders). U kunt ze bestellen via bovengenoemde gironummers.

Vangspiegels

Onderstaande vlakke vangspiegels zijn elliptisch. De oppervlakte-nauwkeurigheid bedraagt gegarandeerd 0,1 golflengte van het licht. Nederlands Fabrikaat (firma Opticon).

Bestelcode	*Afmetingen in mm*	*prijs*
VS-20	20 × 28	*f* 45,—
VS-25	25 × 35	*f* 55,—
VS-30	30 × 42	*f* 60,—
VS-35	35 × 49	*f* 75,—
VS-40	40 × 56	*f* 95,—
VS-45	45 × 64	*f* 110,—
VS-50	50 × 77	*f* 135,—
VS-60	60 × 85	*f* 165,—
VS-70	70 × 99	*f* 205,—

Filters

Filters worden toegepast bij visuele en fotografische waarneming om het kontrast te vergroten. Bij het visueel gebruik van de teleskoop zijn ze alleen zinvol als de opening van de teleskoop groter is dan 10 cm. De door ons geleverde filters zijn afkomstig van de Firma Spectros. De absorptiekarakteristieken worden op aanvraag verstrekt. De filters hebben een diameter van 24,5 mm en zijn van schroefdraad voorzien.

Bestelcode	*Prijs*	*Kleur*
FS-KL	*f* 27,—	kleurloos
FS-GR	*f* 30,—	grijs
FS-BL	*f* 30,—	blauw
FS-GO	*f* 30,—	groen
FS-GE	*f* 30,—	geel
FS-OR	*f* 30,—	oranje
FS-RO	*f* 30,—	rood

Fotografische emulsies

Wij kunnen u leveren speciale spektroskopische films voor kleinbeeldkamera's voor 20 of 36 opnamen. Deze films zijn niet alleen extra gevoelig voor bepaalde kleuren of spektraalgebieden maar ook veel langer gevoelig dan gewone films, d.w.z. lange belichtingstijden zijn mogelijk.

Bestelcode	*Speciaal of extra gevoelig voor*	*Prijs*
Kodak 103 aE/20	rood	*f* 25,—
Kodak 103 aE/36	rood	*f* 35,—
Kodak 103 aF/20	geel/groen	*f* 25,—
Kodak 103 aF/36	geel/groen	*f* 35,—
Kodak 103 aO/20	blauw	*f* 25,—
Kodak 103 aO/36	blauw	*f* 35,—

Bouwtekeningen

BT-1	Bouwtekening, Florimontering (voor zelfbouw parallaktische opstelling)	*f* 6,25
BT-2	Bouwtekening 11 cm Kutterteleskoop	*f* 5,50

Veraluminiseerde teleskoopspiegels

Diverse maten leverbaar in diverse openingsverhoudingen. Prijslijst op aanvraag.

Als u zelf een spiegel geslepen heeft of een spiegel opnieuw wilt laten veraluminiseren, kunt u er via de stichting De Koepel een aluminiumlaag op laten aanbrengen al dan niet gecoat. Prijzen, exclusief porto:

	niet gecoat	gecoat
11 cm spiegel	*f* 35,—	*f* 55,—
15 cm spiegel	*f* 45,—	*f* 65,—
20 cm spiegel	*f* 65,—	*f* 95,—
25 cm spiegel	*f* 95,—	*f* 125,—
30 cm spiegel	*f* 120,—	*f* 210,—

Postkaarten

PK-A1	Postkaartenset astronomie (nevels en planeten), 12 stuks kleur	*f* 7,25
PK-R1	Postkaartenset ruimtevaart (landing op de maan) 12 stuks kleur	*f* 7,25
PK-S1	Postkaartenset dierenriem (sterrenbeelden getekend) 12 stuks kleur	*f* 7,25
PK-Z1	Postkaartenset Zonnestelsel (zon en alle planeten) 12 stuks kleur	*f* 7,25
PK-L1**	Postkaartenset 'Lick Sterrenwacht' (maan, planeten, deep-sky objecten) 12 stuks kleur	*f* 7,25
PK-V1**	Postkaartenset Voyager bij Saturnus (kompositiefoto's van Saturnus en zijn manen) 12 stuks kleur	*f* 7,25

Draaibare sterrenkaarten

BA 11**	Kartonnen zelfbouw-draaibare sterrenkaart (+ 52°, Ø 27 cm), uitgave stichting 'De Koepel'	*f* 5,—
BA 13	Draaibare sterrenkaart Ø 25 cm (+52°, fabrikaat Planetarium Amsterdam)	*f* 17,50
BA 23	Draaibare sterrenkaart Sirius, Ø 20 cm zeer nauwkeurig (+47°)	*f* 36,—

Globes

AG	Aardglobe Ø 34 cm, verlicht, veel mogelijkheden (seizoenen, schemeringen, natuurk. en staatkundig)	*f* 300,—
MG	Maanglobe Ø 26 cm, verlicht	*f* 170,—
SG	Sterrenglobe Ø 34 cm, verlicht	*f* 220,—

Posters en wandkaarten

Formaat 72 × 56, kleur, ongevouwen (tenzij anders vermeld). De ongevouwen posters worden verzonden in een kartonnen koker. Verzonden is de prijs van de meeste posters *f* 13,75 afgehaald in Utrecht *f* 9,25

Bestelcode	*Omschrijving*	*Prijs*
AP-HP 21	Man op Maan (Apollo 11)	*f* 13,75
AP-HP 12	Opkomst Aarde boven de maan (Apollo 11)	*f* 13,75
AP-S 43**	Lancering Space Shuttle (foto)	*f* 13,75
PT 4	Poster Space Shuttle (opengewerkte tekening, gevouwen) 105 × 75 cm	*f* 15,—
AH-HP 10	Aarde vanuit de ruimte (opname Apollo 11) 56 × 47 cm	*f* 13,75
AP-S 221**	Volle Aarde, met zicht op Zuidpool en Afrika	*f* 13,75
PT 5**	Poster Zonnestelsel, Engelse tekst, rijk aan informatie, 100 × 63 cm	*f* 17,—
AP-VJ1	Jupiter met Ganymedes (Voyager-opname)	*f* 13,75
AP-VJ2	Jupiter met 4 manen (compositie, Voyager opname)	*f* 13,75
AP-VS1	Saturnus met 3 manen (Voyager)	*f* 13,75
AP-VS2	Saturnus met 6 manen (compositie, Voyagerfoto's)	*f* 13,75

AP-S 157**	Komeet Halley, opname uit 1910 (kleur toegevoegd) 56 × 47 cm	ƒ 13,75
PT 1	Poster Zon, verschijnselen van het Zonne-oppervlak, 65 × 85 cm, Nederlandse tekst. Uigave Stichting 'De Koepel'	ƒ 9,50
AP-SE	Zonsverduistering 26 febr 1979	ƒ 13,75
AP-S 23	Orionnevel	ƒ 13,75
AP-X 10	Centraal deel Orionnevel	ƒ 13,75
AP-S 30	Pleiaden	ƒ 13,75
AP-S 37	Helixnevel in Aquarius (NGC 7293)	ƒ 13,75
AP-S 26	Halternevel (Dumbellnevel, M 27)	ƒ 13,75
AP-S 19	Noord-Amerika nevel	ƒ 13,75
AP-S 20	Sluiernevel in de Zwaan (Cirrusnevel)	ƒ 13,75
AP-S 29	Drielob- of Trifidnevel (M 20)	ƒ 13,75
AP-S 355**	Lagunenevel (M 8), met globulen	ƒ 13,75
AP-S 33	Rosettenevel	ƒ 13,75
AP-S 35	Gasnevel in de Slang (M 16)	ƒ 13,75
AP-S 352**	Omgeving Antares en Rho Ophiuchi, kleurrijke nevels en sterrenhopen	ƒ 13,75
AP-S 353**	Donkere en lichte wolken in de Schutter (NGC 6559 en IC 1274-5)	ƒ 13,75
AP-S 356**	Paardekopnevel in Orion	ƒ 13,75
AP-S 24	Andromedanevel, spiraalstelsel M 31	ƒ 13,75
AP-S 205**	Spiraalstelsel M 83 in Hydra, 56 × 47 cm	ƒ 13,75
AP-S 109**	Spiraalstelsel NGC 2997 in Antlia	ƒ 13,75
AP-S 100**	Stersporen rond de zuidelijke hemelpool, met sterrenwacht	ƒ 13,75
PSO 17**	Sterrenwacht Cerro Tololo in Chili (luchtfoto) 56 × 47 cm	ƒ 13,75
PT 3	McNally maankaart, schaal 1:2.300.000 (gevouwen) 105 × 95 cm	ƒ 10,50
PT 2	Sterrenkaart VVS, sterrenhemel zichtbaar in onze streken (Nederl. tekst) 90 × 60 cm	ƒ 13,50
Hal 1	The Stars, sterrenkaart hele hemel (gevouwen)	ƒ 21,75
Hal 3**	The Sun, de zon in allerlei golflengten (optisch, UV, röntgen, radio, zonsverduistering, etc.). Tekst in Duits, Engels, Frans en Italiaans	ƒ 21,75
Hal 4	The Moon, vóór- en achterkant (gevouwen)	ƒ 21,75
Hal 5	Mars gebaseerd op Mariner 9 foto's (gevouwen)	ƒ 21,75
PT 6**	Poster Nederland, Landsatmozaïekfoto in 'natuurlijke kleuren', 123 × 94 cm in stevige koker	ƒ 46,50
PT 7**	Horizontale Wereldzonnewijzer (bouwplaat in kleur) 30 × 25 cm	ƒ 5,—

Diaseries

Bestelcode	*Omschrijving*	*Aantal*	*Prijs*
K 279	Wat geen oog kan zien (deep sky objecten)	24	ƒ 24,—
K 517	De mens in het heelal (Gemini-vluchten)	30	ƒ 26,50
K 518	Op de sterrenwacht (Utrecht en Pic du Midi)	31	ƒ 26,50
K 9182**	Weertypen, diaserie + geluidscassette (Nederlandse tekst)	60	ƒ 69,50
Met 1**	Meteorology above the clouds (satelliet-opnamen van de aarde)	20	ƒ 46,—
K 531	Volkssterrenwacht Simon Stevin	12	ƒ 13,50
K 532	Skylab	20	ƒ 21,—
K 533	Hoogtepunten Apollo-project	24	ƒ 24,—
K 534	Het Zonnestelsel I (planeten, aardse opnamen))	30	ƒ 26,50
K 535	Het Zonnestelsel II (kometen, meteoren, zon)	29	ƒ 26,50
Z 816**	Zonnestelsel vanuit de ruimte	30	ƒ 48,—
Solar 1**	Solar System, deels kleur, deels zw/w o.a. gebaseerd op foto's genomen door ruimtevoertuigen, dia's 4 × 4 cm (raam kleinbeeld)	20	ƒ 46,—
K 536	De aarde vanuit de ruimte	24	ƒ 24,—
K 537	Maanreis Apollo 8	12	ƒ 13,50
K 538	Landing op de maan	12	ƒ 13,50
K 539	Eerste maanwandeling	12	ƒ 13,50
Moon 1**	The face of the Moon, geologische beelden van de maan (Apollo opnamen)	20	ƒ 46,—
Z 813**	Maan, fraaie amateuropnamen	12	ƒ 21,—
K 543	Zonsverduistering 1973	12	ƒ 13,50
Galax 1**	Sterrenstelsels, deels kleur, deels zw/w	20	ƒ 46,—
HP1548**	Sterrenstelsels zuidelijk halfrond (kleur)	5	ƒ 12,75
HA 01	Zonnestelsel (3 planeten + komeet)	4	ƒ 11,—
HA 02	Sterrenstelsels (kleur)	4	ƒ 11,—
HA 03	Nevels (Pleiaden, Orion-, Krab- en Sluiernevel)	4	ƒ 11,—
HA 04	Nevels (Trifid-, Lagune, N. Amerika- en Paardekopnevel)	4	ƒ 11,—
HA 05	Planetaire nevels	4	ƒ 11,—
HA 06	Palomar Sterrenwacht	4	ƒ 11,—
HP 1	Apollo 11, vlucht	5	ƒ 12,75
HP 2	Apollo 11, astronauten bij landing	5	ƒ 12,75
HP 3	Apollo 11, astronauten aan het werk	5	ƒ 12,75
HP 4	Apollo 9 en 10	5	ƒ 12,75
HP 5	Beelden van de Aarde (Apollo en Gemini)	5	ƒ 12,75
HP 6	Apollo 12	5	ƒ 12,75
HP 7	Beelden van de Aarde (Gemini)	5	ƒ 12,75
HP 8	Beelden van de Aarde (Gemini)	5	ƒ 12,75
HP 9	Apollo 15	5	ƒ 12,75
HP 10	Apollo 16	5	ƒ 12,75
HP 11	Apollo 17, tijdens de vlucht	5	ƒ 12,75
HP 12	Apollo 17, o.a. maanwagen	5	ƒ 12,75
HP 13	Wolkenstrukturen op Aarde (Apollo en Gemini)	5	ƒ 12,75
HP 14	Mercurius en Venus (Mariner 10)	5	ƒ 12,75
HP 1543**	Pioneer Venus, met 'art-impressions'	5	ƒ 12,75
HP 15	Jupiter (Pionier 10 en 11)	5	ƒ 12,75
HP 16	Zonsverduistering 26 febr. 1979	5	ƒ 12,75
HP 17	Viking opnamen van Mars	5	ƒ 12,75
HP 18	Jupiter, Voyager opnamen	5	ƒ 12,75
HP 19	Manen van Jupiter, Voyager opnamen	5	ƒ 12,75
HP 20	Zonsverduistering 16 febr. 1980	5	ƒ 12,75
HP 22	Saturnus, Voyager 1 opnamen	5	ƒ 12,75
HP 23	Manen van Saturnus, Voyager 1 opnamen	5	ƒ 12,75
Z 806	Saturnus, Voyager 1 opnamen, met uitgebreide toelichting (74 pag.) in het Nederlands	24	ƒ 39,75
Voy 4	Voyager 1, Jupiter en Manen	20	ƒ 46,—
Voy 5	Voyager 2, Jupiter en Manen	20	ƒ 46,—
Z 809**	Saturnus, Voyager 2 foto's	12	ƒ 21,—
Voy 6	Saturnus, Voyager 2 beelden (planeetbol)	10	ƒ 15,—
Voy 7	Saturnus, Voyager 2 beelden (planeet + ringen + manen)	20	ƒ 46,—
Zon, set A	Corona, protuberansen, komeet Kohoutek, magnetogram, parelsnoerverschijnsel e.d.	20	ƒ 46,—
Zon, set B	Röntgenzon, UV-zon, zonnevlekken, protuberansen, observatoria, e.d.	20	ƒ 46,—
Zon, set C	Protuberansenserie, magneetveld, zonnevlammen, spektrum protuberans, e.d.	20	ƒ 46,—
	Set A, B en C samen ƒ 92,—		
D 101	Venus, Mars, Jupiter, Ganymedes, Neptunus, Saturnus, Uranus, meteoren en C. Tombaugh (ontdekker van Pluto)	20	ƒ 46,—
Mars 1	Viking op Mars (deels kleur, deels zw/w)	20	ƒ 46,—
ST 1	Sterrenbeelden (echte foto's)	20	ƒ 46,—
Z 808	Diaserie Space Shuttle, Columbia (eerste vlucht) met tekstboek (52 pag.)	18	ƒ 30,—
HP1541**	Eerste vlucht Space Shuttle	5	ƒ 12,75
HP1542**	Tweede vlucht Space Shuttle	5	ƒ 12,75

(andere diaseries: op aanvraag)